

Utrymningshiss som utrymningsväg

**- En analys av möjligheten att använda
hissar vid utrymningsdimensionering**

Mattias Arnqvist och Jonas Olsson

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

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

Report 5325, Lund 2010

Utrymningshiss som utrymningsväg
- En analys av möjligheten att använda hissar vid
utrymningsdimensionering

Mattias Arnqvist och Jonas Olsson

Lund 2010

Titel

Utrymningshiss som utrymningsväg – *En analys av möjligheten att använda hissar vid utrymningsdimensionering*

Title

Emergency elevators as a means of egress – *An analysis of the possibility to use elevators when designing emergency egress systems*

Författare

Mattias Arnqvist och Jonas Olsson

Report 5325

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5325—SE

Number of pages: 102

Illustrations: Mattias Arnqvist och Jonas Olsson (unless otherwise stated)

Keywords

Egress elevator, egress times, tall buildings, egress simulations, Simulex, ELVAC, egress elevator design, recommendations for egress elevators design, fire-fighting lift, human behaviour during egress.

Sökord

Utrymningshiss, utrymningstider, höga byggnader, utrymningssimuleringar, Simulex, ELVAC, utformning av utrymningshiss, rekommendationer för utformning av utrymningshiss, brandbekämpningshiss, mänskligt beteende vid utrymning.

Abstract

Elevators has for a long period of time been regarded as unsafe to use as a means of egress. This is an opinion that has shifted in the last couple of years as technical solutions has been found to the initial problems when using elevators as an escape route. This report investigates the possibility to replace a staircase with emergency elevators as a means of egress in a building. The report also presents a proposal for how an addition to the Swedish building codes concerning the design of a emergency egress elevator system might be formulated.

Disclaimer

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2010.

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

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

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

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

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

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Denna rapport utgör examination för kursen *VBRM01 Examensarbete i brandteknik* vilken omfattar 22,5 högskolepoäng. Arbetet utfördes vid *Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering* vid Lunds Tekniska Högskola.

Arbetet med denna rapport genomfördes under hösten 2009 och vintern 2010 och hade inte varit genomförbart utan hjälp från en rad personer. Författarna önskar tacka:

Håkan Frantzich, Universitetslektor vid Avdelningen för brandteknik och riskhantering, för bra handledning, kloka synpunkter och motiverande uppmuntran under arbetets gång.

Pär Hansson med kollegor, Fire Safety Design Göteborg, som fick in oss på utrymningshiss-spåret. Tack för hjälpen med byggnadsutformning och kloka tankar kring datorsimuleringar.

Lars-Gunnar Segerlind, WSP Göteborg, för hjälp med data om hissar.

Tack även till vänner och bekanta för stöd och uppmuntran.

Lund, februari 2010

Jonas Olsson
&
Mattias Arnqvist

Sammanfattning

Hissar har länge betraktats som osäkra att använda vid brand och uppmaningen till allmänheten har sedan mer än 30 år tillbaka varit att välja trappan i det fall då en hög byggnad behöver utrymmas. De tekniska problem som tidigare funnits har dock lösts allteftersom tiden gått och utvecklingen har lett till nya lösningar.

Attacken mot World Trade Center i New York 2001 visade att utrymningstiderna ur höga byggnader kan bli avsevärda och att personer med nedsatt fysik eller rörelsehinder kan ha svårt att oassisterade utrymma via trappor. Uppförandet av mycket höga byggnader fortsätter runtom i världen, samtidigt som tillgängligheten till och inom byggnader ökat för rörelsehindrade.

För att kunna säkerställa trygg utrymning har det i ett antal av dessa byggnader installerats utrymningshissar, något som lett till att utrymningstiderna i vissa fall har kunnat sänkas markant.

Trots att det finns lösningar på de tekniska problemen finns det fortfarande en stor osäkerhet kring om människor är beredda att välja hiss som en utrymningsväg och vilka situationer som kan uppstå som följd av mänskliga faktorer vid användning av hissen.

Syftet med denna rapport har dels varit att undersöka hur utrymningshissar kan bidra till att öka utrymnings säkerheten i höga byggnader men också att belysa den problematik som kan uppstå vid val av utrymningshiss som utrymningsväg. Som utgångspunkt formulerades ett antal frågeställningar vilka rör både utrymningshissens tekniska utformning, i form av bland annat kapacitet, men också frågor kopplade till mänskliga faktorer och utrymnings säkerheten i allmänhet. Genom en litteraturstudie och ett antal datorsimuleringar utförda av författarna har dessa frågeställningar därefter besvarats.

Ett antal länder har tagit fram rekommendationer för hur utrymningshissar kan utformas men det finns i dagsläget inga tydliga riktlinjer i något lands regelverk utan samtliga befintliga utrymningshissar i världen har utformats analytiskt. Målet med denna rapport har varit att formulera ett möjligt tillägg till svenska byggregler med riktlinjer för hur utrymningshissar kan utformas, ett förslag på detta presenteras i slutet av rapporten.

De slutsatser som har dragits av författarna är följande:

- Det är möjligt att använda utrymningshissar som en ersättning för ett trapphus.
- För att motsvara utrymningskapaciteten hos ett trapphus krävs ett flertal utrymningshissar.
- Utrymningshissar erbjuder en möjlighet för personer med nedsatt rörelseförmåga att oassisterat utrymma en byggnad.
- Utrymningshissar kan förkorta utrymningstiden vid en massutrymning av mycket höga byggnader.
- Det är möjligt att redan i dagsläget få människor att se hissar som en utrymningsväg och använda dessa.
- För att uppnå en tillfredställande säkerhetsnivå för de utrymmande ställs höga krav på den tekniska utformningen av en utrymningslösning med hissar.
- Information till användare och ansvariga är av stor vikt för att få utrymningshissar att fylla dess avsedda funktion.

Summary

Elevators has for a long time been regarded as unsafe to use during building fires. Because of this, the public has been urged for more than 30 years to use the stairs in case of an evacuation. The problems that lead to this recommendation has, during these years been solved, and technical solutions has been found. The attack on World Trade Center in New York 2001 clearly indicated that the evacuation times for tall buildings can be considerable and that individuals with mobility impairments can face great difficulties evacuating on their own. The construction of super-tall buildings continue all over the world, and at the same time the accessibility for mobility impaired individuals increase.

To ensure a safe evacuation for the population of these buildings some of them today feature emergency egress elevators, which in some cases have decreased evacuation times considerably.

Despite the fact that solutions has been found for the technical difficulties with elevators and fire it is still uncertain if people are willing to see elevators as a means of egress and how human behaviour will influence the situation.

The purpose of this report has been to examine how emergency egress elevators can increase the safety of people evacuating from tall buildings, and also to shed light on potential difficulties when using elevators as a means of egress.

The report answers a number of questions formulated by the authors concerning the technical design of the egress elevator system, human behaviour and general safety issues when using elevators during fires. The answers has been found through a literature review and simulations made by the authors. The intention of this report has been to present a proposal for how an addition to the Swedish building codes concerning the design of an emergency egress elevator system might be formulated. This proposal is presented at the end of this report.

Conclusions:

- Emergency egress elevators can be used as a replacement of a staircase.
- To achieve an egress capacity, equal or larger than that of a staircase, several emergency egress elevators are required.
- Emergency egress elevators offer an alternative means of egress for people with mobility impairments which enables them to unassisted evacuate a building.
- Emergency egress elevators can shorten the egress time when simultaneously evacuating a very tall building.
- It is already possible to make people recognize elevators as a means of egress and use these when evacuating a building.
- To achieve a satisfactory level of safety for people using elevators as a means of egress, the technical demands on the system are high.
- Education of personnel in charge and users of an emergency egress system with elevators are of great importance to achieve the intended function of the system.

1 Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Syfte	1
1.2	Mål	1
1.3	Frågeställningar	2
1.4	Metod	2
1.4.1	Litteraturstudie	2
1.4.2	Simuleringar	2
1.4.3	Diskussion och analys	2
1.5	Avgränsningar	3
1.6	Disposition	3
2	LITTERATURSTUDIE	5
2.1	Historia	5
2.2	Bakgrund	5
2.2.1	Problematik	6
2.3	Allmänt om hissar	6
2.3.1	Storlek	6
2.3.2	Hastighet	6
2.3.3	Kapacitet	7
2.3.4	Hissar och brand	7
2.4	Varför utrymningshiss?	7
2.4.1	Problematiken med höga byggnader	7
2.4.2	Rörelsehindrades situation	9
2.4.3	Flödesproblematik	10
2.4.4	Ökade utformningsmöjligheter	10
2.5	Byggnader med utrymningshiss	11
2.6	Brandbekämpningshissar	12
2.7	Nuvarande regelverk	13
2.7.1	Svenskt regelverk	13
2.7.2	Internationella regelverk	13
2.8	Teknisk utformning	14
2.8.1	Tidigare problematik	14
2.8.2	Generella lösningar	14
2.8.3	Tekniska rekommendationer enligt svensk standard för brandbekämpningshiss	15
2.8.4	Rekommendationer för funktionskrav	16
2.9	Människors beteende	18
2.9.1	Psykologiska faktorer vid en nödsituation	18
2.9.2	Människors beteende vid användning av utrymningshiss	19
2.9.3	Informationssystemens påverkan på beteende	21
2.9.4	Erfarenheter från tidigare situationer	23
2.10	Utrymningstider och personflöden	25
2.10.1	Utrymningstid	25
2.10.2	Data från verkliga händelser	25
2.10.3	Sammanfattning verkliga händelser	29
2.10.4	Data från simuleringar och beräkningar	29
2.10.5	Sammanfattning simuleringar och beräkningar	34
2.10.6	Analys av utrymningstider och personflöden	34
2.11	Sammanfattning av litteraturstudie	34
2.11.1	Dimensionerande faktorer	35

2.11.2	Litteraturstudien i relation till frågeställningar	36
2.11.3	Behov av ytterligare information för att besvara frågeställningarna.....	37
3	SIMULERINGAR	39
3.1	Metod	39
3.1.1	Val av simuleringsprogram	39
3.1.2	Utformning av referensbyggnad.....	40
3.1.3	Byggnadspopulation	40
3.1.4	Ratio hiss/trapp användare	41
3.1.5	Utrymningsordningen.....	42
3.1.6	Påverkan av counterflow.....	42
3.1.7	Personer med nedsatt rörelseförmåga	42
3.1.8	Utrymningsvägar.....	42
3.1.9	Avgränsningar och antaganden	44
3.2	Scenariobeskrivning.....	45
3.3	Resultat	46
3.3.1	Scenario 1 – 8.....	46
3.3.2	Scenario 9 – 16.....	48
3.3.3	Scenario 5a – 8a.....	51
3.3.4	Scenario 13a – 16a.....	51
3.3.5	Heyes samband.....	51
3.4	Diskussion av simuleringsresultat	52
3.5	Utökade simuleringar.....	52
3.5.1	Jämförelse av förflyttningstid vid ökat antal hissar.....	53
3.5.2	Inverkan av rörelsehindrade	54
3.6	Sammanfattande diskussion och slutsatser av simuleringsresultaten.....	55
3.6.1	Hisskapacitet	55
3.6.2	Byggnadens utformning.....	55
3.6.3	Utrymningsordning.....	56
3.6.4	Heyes samband.....	56
3.6.5	Inverkan av mänskligt beteende	57
3.6.6	Byggnadspopulation	58
3.6.7	Inverkan av personer med nedsatt rörelseförmåga	58
3.6.8	Counterflow.....	59
3.6.9	Simuleringsresultaten i relation till frågeställningarna	59
4	ANALYS OCH DISKUSSION	61
4.1	Besvarande av frågeställningar	61
4.2	Faktorer som påverkar utrymningen via hissar.....	62
4.2.1	Hisshall och omgivning	62
4.2.2	Informationssystem.....	62
4.2.3	Styrfunktion.....	63
4.2.4	Utrymningsordning.....	64
4.2.5	Inverkan av mänskligt beteende	64
4.2.6	Redundans	64
4.2.7	Utbildning.....	64
4.2.8	Nivå på brandskyddet i övriga delen av byggnaden	65
5	SLUTSATSER.....	67
	LITTERATURFÖRTECKNING	69
BILAGA A.	REKOMMENDATIONER TILL UTFORMNING AV UTRYMNINGSHISS.....	73
BILAGA B.	SIMULEX	77
BILAGA C.	ELVAC	79

BILAGA D.	JÄMFÖRELSE I FÖRFLYTTNINGSTID MELLAN TRAPPHUS A OCH TRAPPHUS C.....	81
BILAGA E.	SIMULERINGSRESULTAT FÖR SCENARIO 5,6, 13 OCH 14.....	83

Begreppsförklaring

Brandbekämpningshiss (avser även det som på andra ställen kallas brandhiss) – En hiss avsedd att användas av räddningstjänsten vid insats.

Counterflow – Den effekt som uppstår då två motsatta flöden möter varandra i ett begränsat utrymme. I denna rapport avses då utrymmande personers transport hamnar i konflikt med räddningstjänstens insats.

Förberedelsetid – Den tid det tar för en individ från att ha varseblivits om en fara till att personen fattat ett beslut och påbörjat utrymning.

Hiss – Med hiss avses i rapporten hiss avsedd för persontransport om inget annat anges.

Massutrymning och fasvis utrymning - Massutrymning innebär att samtliga personer börjar evakuera byggnaden samtidigt medan fasvis utrymning innebär att byggnaden evakueras del för del, antingen till det fria eller till en skyddad plats inom byggnaden.

Skylobby – En skylobby är en våning där människor kan byta från en expresshiss, som bara stannar vid skylobbyn, till en lokal hiss som stannar på varje våning i ett segment av byggnaden.

1 Inledning

Trappor har länge ansetts vara det enda alternativet för att säkerställa tillfredsställande utrymning från en hög byggnad. För höga byggnader med stora populationer har dock utformningen av trappor med kapacitet nog för en massutrymning betraktats som opraktisk, något som lett till att utrymningstaktiken varit att använda fasvis utrymning (Bukowski, 2007). Denna metod har dock i många avseenden ansetts som olämplig i höga byggnader, speciellt efter händelserna vid World Trade Center 2001 då behovet av en massutrymning uppstod. Analysen av utrymningen visade på nackdelar med långa utrymningstider, svårigheter för räddningstjänsten att genomföra en insats och problem för rörelsehindrade att transportera sig nedför många våningar (Averill, o.a., 2005).

Samtidigt som antalet våningar ökar och byggnader blir högre och högre så har det allmänna hälsotillståndet försämrats i västvärlden. Detta i kombination med att tillgängligheten har ökat för individer som behöver någon form av hjälpmedel för att förflytta sig resulterar i att utrymning med hjälp av trappor är oralistiskt utan assistans för vissa delar av populationen och mycket ansträngande för andra delar (Bukowski, 2008). Sammantaget skulle köbildning snabbt kunna uppstå vid en utrymning då gånghastigheten minskar drastiskt om någon till exempel behöver bäras ned eller stanna upp för att vila.

Hissar används som transportmedel i de flesta högre byggnader i världen och användes till en början även som utrymningsväg. En rad incidenter, med personskador till följd, ledde dock till fram till att hissar ansågs vara osäkra att använda vid utrymning och allmänheten upplystes om att enbart använda trappor som utrymningsväg.

I takt med att utvecklingen gått framåt finns numera lösningar på de olika tekniska problemen, vilka kan säkerställa hissars funktion även vid brand och skydda de personer som använder och väntar på hissen. På senare år har tanken på hissar som utrymningsväg åter aktualiserats, delvis på grund av World Trade center attacken, och ett antal byggnader har installerat utrymningshissar som en del av utrymningslösningen. Det finns dock ännu inga byggregler, varken i Sverige eller utomlands, som föreskriver hur utrymningshissar skall utformas utan i de fall där denna lösning använts har analytisk dimensionering tillämpats.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att undersöka om och hur utrymningshissar kan bidra till förbättrad utrymningssäkerhet och vilka faktorer som isåfall är avgörande.

Arbetet syftar även till att ge en djupare förståelse för den problematik som kan uppstå vid val av utrymningshiss som utrymningsväg.

1.2 Mål

Målet med denna rapport är att formulera riktlinjer för hur ett tillägg gällande användning av utrymningshiss som utrymningsväg i de nuvarande byggreglerna skulle kunna utformas och att undersöka om en utrymningshiss kan ersätta en trappa som utrymningsväg.

1.3 Frågeställningar

Som utgångspunkt för arbetet har ett antal frågeställningar formulerats. Arbetet avser att besvara dessa såväl som att ge en överblick över hur utrymningshissar kan användas och hur ett utrymningsssystem med hissar skulle kunna utformas.

- Hur skiljer sig utrymningskapaciteten vid utrymning med trappa jämfört med utrymningshiss?
- Vilket personflöde kan uppnås med utrymningshiss och vilka faktorer är avgörande?
- Kan utrymningshissar lösa den problematik som finns idag med utrymning för rörelsehindrade personer?
- Kan utrymningshiss ersätta en trappa och ändå utgöra en lika säker lösning som utrymning via endast trappor?
- Hur skulle ett eventuellt tillägg till nuvarande regelverk gällande utrymningshissar kunna utformas?

1.4 Metod

Arbetets metod kan delas upp i tre delar; litteraturstudie, simuleringar samt diskussion och analys. Respektive metod beskrivs nedan.

1.4.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien utförs i syfte att sammanställa tidigare forskning utförd inom området. Denna kunskap kommer att ligga som grund för det fortsatta arbetet. Litteraturstudien avser även att ge svar på frågor som inte kan behandlas med hjälp av simuleringar, till exempel sociala faktorer och problematiken kring rörelsehindrade. En mängd rapporter och forskningsresultat inom olika forskningsområden granskas för att få en så heltäckande bild som möjligt. Detta innebär bland annat rapporter fokuserade på människors beteende i stressade situationer, utrymningsförlopp vid verkliga händelser, förslag på utformning av utrymningshissar och dess omgivning och tidigare utförda datorsimuleringar. Totalt kommer ett femtiotal referenser, både från forskare, myndigheter och yrkesverksamt berörda, användas för att inhämta denna kunskap.

1.4.2 Simuleringar

För att skaffa information om vilka skillnader i utrymningstid som kan föreligga beroende på om utrymning sker med enbart trappor eller hissar eller en kombination av dessa kommer datorsimuleringar att genomföras för ett antal scenarier. Simuleringarna kommer att utföras med datorprogrammen Simulex och ELVAC, där det förstnämnda används för att simulera utrymning via trappor och det andra för hissar. De simuleringar som genomförs kommer att behandla byggnader med varierande våningsantal och varierande populationer. Detta för att resultaten skall beröra ett brett spektra av verksamheter. Förutom olika verksamheter genomförs även simuleringar med en varierande andel rörelsehindrade för att studera vilken inverkan detta har på utrymningstiderna, samt simuleringar där hänsyn tas till att andelen som väljer hiss som utrymningsväg ökar ju högre upp i byggnaden personerna befinner sig.

1.4.3 Diskussion och analys

För att besvara de frågeställningar som formulerats samt utforma ett eventuellt tillägg till nuvarande lagstiftning kommer en sammanvägning av de resultat som framkommit vid litteraturstudie och simuleringar att ligga som grund. För att skapa en helhetsbild över vilka för- och nackdelar som kan föreligga då en utrymningslösning med utrymningshiss väljs kommer resonemang föras kring vilka faktorer som är viktigast att beakta och hur dessa faktorer påverkar lösningen. Utifrån de slutsatser som kan dras av diskussionen och analysen kommer därefter ett förslag på ett eventuellt tillägg till nuvarande regelverk att formuleras.

1.5 Avgränsningar

Arbetet är i huvudsak fokuserat på möjligheten till tillfredsställande utrymning med hjälp av utrymningshiss. De tekniska aspekterna av utformning av hiss, hisschakt och hisshall behandlas därför främst med referenser till annan dokumentation på området.

I arbetet studeras främst vilken inverkan utrymningshiss har i byggnader som består av kontors- eller hotellverksamhet, detta då de flesta byggnader där utrymningshiss tillämpas som en del av utrymningslösningen utgörs av dessa verksamheter. Ett kvalitativt resonemang förs dock över möjligheten att använda utrymningshiss i bostadshus.

Undantaget de delar där redundans för hisssystemet diskuteras har hissarna i genomförda simuleringar antagits fungera utan några avbrott eller tekniska problem.

1.6 Disposition

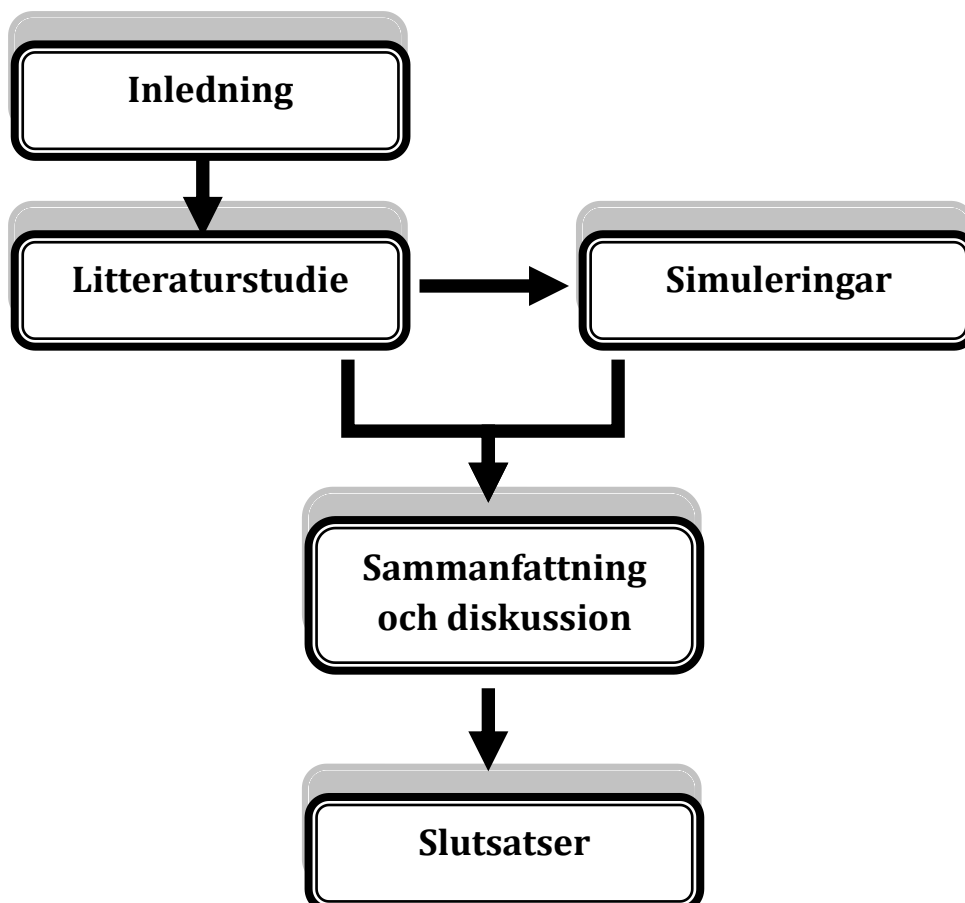
Rapporten är uppdelad i fem delar där den första delen utgör en inledning med bland annat metod, syfte och presentation av frågeställningarna.

Den andra delen består av en litteraturstudie utförd i syfte att klargöra vilken kunskapsnivå som finns på området i dagsläget och försöka besvara frågeställningarna.

Den tredje delen av arbetet utgörs av simuleringar avsedda att komplettera den information som framkom genom litteraturstudien och försöka besvara de frågeställningar som eventuellt kvarstår efter denna.

I den fjärde delen knyts resultaten från litteraturstudien och simuleringarna samman och frågeställningarna besvaras. I denna del diskuteras även faktorer som kan påverka utrymningen via utrymningshissar.

I den femte och sista delen presenteras de slutsatser som kan dras av arbetet.



2 Litteraturstudie

Litteraturstudien kommer att fokusera på sådan information som anses vara relevant för att kunna besvara de frågeställningar som formulerats. För att få ett helhetsgrepp på området behandlas även hissens och hisshallens tekniska specifikationer och andra frågor som kanske inte direkt anses vara relaterade till frågeställningarna men som bidrar till att sammanfatta kunskapsläget gällande utrymningshissar.

2.1 Historia

Hissar och liknande uppfinningar har existerat i nästan tusen år. Sitt riktiga genomslag fick dock inte hissen förrän i mitten på 1800-talet då den kompletterades med automatiska nödbromsar och därmed kunde göras säkert nog att transportera människor. Detta i sin tur öppnade upp för byggandet av allt högre byggnader och gav hissen sin nuvarande plats som den dominerande transportformen i höga hus.

Hissen visade dock upp bristande brandsäkerhet. Vatten i hisschakten kunde orsaka kortslutning hos elektriska komponenter och rök och fukt kunde aktivera hissens anropningsknapp, vilket fick den att åka till brandplanet (Bukowski, 2005). Då ingen lösning sågs på problemen rekommenderades att hiss inte ska användas vid brand.

Sedan terrorattacken den 11:e september 2001 mot World Trade Center i New York har dock intresset för utrymning av höga byggnader ökat (Bukowski, 2007) och lett till en utveckling där utrymningshissen nämns som en lösning i flera länders regelverk. Även om utrymningshissen för nuvarande oftast finns i specialfall där utrymning med trappor varit problematiskt kommer den troligtvis att få större utrymme inom brandsäkerhet i framtiden.

2.2 Bakgrund

Då fler höga byggnader samt byggnader med alternativa utformningar planeras och uppförs i dagens samhälle finns också ett ökat behov av alternativa utrymningslösningar.

I svenska byggregler (BBR, 2008) anges att alla individer i en byggnad skall kunna utrymma på ett säkert sätt men i dagsläget finns ingen bra utrymningslösning för rörelsehindrande människor med svårigheter att gå i trappor. Likaså kan utrymning via trapphus vara en mycket ansträngande uppgift för många äldre och individer med nedsatt fysik om de befinner sig många våningar upp i en byggnad.

Tanken med utrymningshissar är inte ny utan har diskuterats till och från under en lång tid. Problem med den tekniska utformningen har dock lett till att hissar inte ansetts lämpliga som utrymningsvägar och föranlett devisen att hiss inte skall användas vid brand.

Ett flertal länder har krav på att brandbekämpningshissar skall finnas installerade om byggnaden överstiger ett visst antal våningar men dessa hissar är inte konstruerade för att användas av en utrymnande population utan av räddningstjänsten (Kuligowski, o.a., 2004).

Forskning på området antyder att trapphus i kombination med hissar som utrymningsväg kan minska utrymningstiden ur en hög byggnad med mellan 10 – 50 % (Klote, 1982). Dessa värden är beroende av ett flertal faktorer, till exempel antalet våningar, antalet individer som befinner sig i byggnaden och människors beteende vid en utrymning, men resultaten pekar ändå i den riktningen att utrymningshissar kan användas för att förbättra utrymningsituationen i vissa byggnader.

Tekniska specifikationer för utformning av utrymningshiss finns i dag i form av befintliga utrymningshissar samt i utredningar och annan dokumentation, dock saknas i byggnadslagstiftningen klara direktiv för i vilka sammanhang användningen av utrymningshiss kan rättfärdigas utan att en särskild utredning behöver genomföras.

Traditionellt används fasvis utrymning vid brand i höga byggnader, vilket innebär att i första skedet utryms det plan där larmet aktiverats samt möjligen de närliggande planen. Vid behov kan därefter ytterligare plan utrymmas. Terrorattentatet mot World Trade Center i New York 2001 har dock visat att det finns behov

av att kunna utrymma en hel byggnad simultant, något som runtom i världen har lett till ett ökat intresse för utrymningshissar för att snabbt kunna genomföra en massutrymning ur höga byggnader.

Ett tillägg till den nuvarande lagstiftningen skulle kunna innebära en ökning av tillämpandet av utrymningshissar som utrymningsväg. Detta i sin tur skulle kunna säkerställa tillfredsställande utrymning för rörelsehindrade personer och även skapa möjligheter att säkerställa en trygg utrymning ur höga och alternativt utformade byggnader.

För att kunna validera utrymningshissen som ett möjligt komplement till trapphus vid utrymning måste ett flertal faktorer vägas in. Dessa berör bland annat den tekniska utformningen av hissen, människors beteende vid en utrymning, utformning av informationssystem och personflöden vid utrymning.

2.2.1 Problematik

Nedan listas några av de saker som fortfarande kan ses som problem när det gäller utrymningshissar. (Proulx, o.a., 2009)

- Det kan bli svårt att ändra på allmänhetens inställning då de under en lång tid informerats om att hissar inte ska användas vid brand.
- Allmänheten skulle kunna bli förvirrad om hissar endast går att använda vid brand i vissa byggnader och inte i andra.
- Problematiken med överbelastning och trängsel i hissarna.
- Det kan bli svårt att övertyga hiss användarna om att det är säkert att vänta på och använda hissen trots att en utrymningssituation råder.
- Fokus behöver läggas på att se till att de som är i störst behov av hissen också är de som får störst tillgång till den.
- Sociala grupperingar kan komma att orsaka problem vid lastning av hissen, exempelvis kollegor som inte vill skiljas åt under utrymningen.

Att försöka utreda om de problem som föreligger kan lösas och hur stora hinder de innebär för användningen av utrymningshissar är en viktig del av den vidare utvecklingen mot hissen som en utrymningsväg.

2.3 Allmänt om hissar

En hiss definieras enligt Boverket som ”*en motordriven lyftanordning med hisskorg, plattform eller annat lastbärande organ som är avsedd för permanent uppställning och som styrs av gejder, väggar, saxarmsystem eller liknande, och som mellan fasta stannplan transporterar personer, personer och gods eller enbart gods när det gäller varu- och småvaruhissar*” (Boverket, 2008). I detta kapitel ges en kort översikt av hissars funktioner och egenskaper.

2.3.1 Storlek

Vilken storlek en hiss bör ha skiljer sig åt beroende på vilket land det gäller. I Sverige regleras detta enligt svensk standard för hissar, SS-EN 81-70, där typ 2- (1.1×1.4 m) och typ 3 hissar (2.0 × 1.4 m) anges som exempel på minsta godkända hisstorlekar enligt Boverket (BFS 2008:6).

2.3.2 Hastighet

Det finns i Sverige inga fastlagda värden på vilken hastighet som en hiss skall ha. Det som sägs i lagstiftningen är att en hiss ”*får användas endast för det ändamål och med den belastning och hastighet som den är avsedd för*” (Boverket, 2008). I den svenska standarden för brandbekämpningshissar anges dock krav på att hissen ska nå den mest avlägsna våningen på maximalt 60 sekunder (SS-EN 81-72, 2003), detta gäller dock endast brandbekämpningshissar. I Tabell 1 ges exempel på vanligt förekommande hastigheter för hissar beroende på byggnadshöjd.

Tabell 1 - Exempel på normala hisshastigheter. (Segerlind, 2008)

Antal våningsplan	Hisshastighet [m/s]
2-4	0,63
4-8	1,0
8-12	1,6
12-20	2,5

2.3.3 Kapacitet

Det finns inga fastlagda värden på vilken transportkapacitet hissar bör ha i Sverige förutom det som sägs i BFS (2008:6) om lastningskapaciteten där det till exempel anges att en byggnad i 2-4 plan bör ha minst en hiss med en kapacitet på 640 kg eller 8 personer. Liknande regler finns för byggnader mellan 5-9 plan och för byggnader i 10 plan eller mer (Segerlind, 2008).

Dessa krav är dock framtagna främst i syfte att säkra tillgängligheten till byggnaden och utgör en minimigräns för hisskapaciteten i en byggnad.

Planeringen av hissar i de flesta höga hotell-, lägenhets- och kontorsbyggnader är istället baserad på transport- och kapacitetsbehovet för den specifika byggnaden (Siikonen, o.a., 2003)(Segerlind, 2008).

Kapacitetsvärden som kan användas i planeringen av hisssystemet är till exempel 5HC-värden, som är ett mått på den procentuella andelen av en byggnadspopulation som hisssystemet kan hantera på 5 minuter (HC står för Handling Capacity och 5 är antalet minuter). Normalt hänvisar värdet till fyllnadskapaciteten av byggnaden men det kan också användas för att beskriva tömningen. Enligt Siikonen (2003) är ett 5HC-värde på 12-16 normalt för kontorsbyggnader och innebär då alltså att 12-16 procent av byggnadspopulationen kan ta sig upp i byggnaden inom ett tidsintervall av fem minuter. Anledningen till att man skiljer på fyllnads- och tömningskapacitet för en byggnad är att dessa är olika. Normalt går det att transportera cirka 1.5 – 1.8 gånger fler passagerare under samma tidsintervall när man tömmer byggnaden som när man fyller den.

2.3.4 Hissar och brand

På grund av risken för personskador vid användning av hiss vid brand utvecklade hissindustrin år 1973 ett system som automatiskt kallade samtliga hissar till entréplan om rök detekterades i hisshallen, maskinrummet eller i hisschaktet. Därefter togs hissarna ur funktion (Bukowski, 2005). Detta system används idag i stora delar av världen och brukar delas upp i två steg, fas 1 och fas 2.

Fas 1 inleds då rök detekterats och medför att hissarna omedelbart åker till entréplanet, förutsatt att det inte är detta plan som rök detekterats på. Hissarna är därefter otillgängliga för användning.

Då räddningstjänsten anländer till platsen kan de aktivera hissarna igen med hjälp av en speciell nyckel, för att därefter framföra hissen manuellt. Detta kallas fas 2.

2.4 Varför utrymningshiss?

Utrymningshissen är ett framträdande alternativ till trappor när det gäller vertikal förflyttning inom en byggnad vid en nödsituation. Några av de största fördelarna med att använda utrymningshissar behandlas nedan.

2.4.1 Problematiken med höga byggnader

Även om utrymningshissar har diskuterats under flera årtionden har det inte hänt speciellt mycket fram till för ett par år sedan. Det finns många anledningar till att utvecklingen har tagit fart, varav en är terroristattacken mot World Trade Center 2001. Tornens höjd medförde långa utrymningstider och många människor hann inte utrymma till säkerhet innan byggnaderna rasade. Det alltmer accelererande byggandet av rekordhöga byggnader har inneburit stora svårigheter med att säkra trygg utrymning, till stor del på

grund av att den enda tillgängliga lösningen som funnits har varit trappor.

Att använda trappor ned från de högre våningarna i en sådan byggnad kräver mycket av de utrymmande, den fysiska ansträngningen är stor och transporttiderna långa. Hittills har lösningen på dessa problem varit fasvis utrymning och säkra våningsplan där situationen tryggt kan väntas ut. Denna strategi fungerar dock inte när behovet av en massutrymning uppstår och kan därför inte anses vara en heltäckande lösning på problemen (Bukowski, 2007).

Fler höga byggnader uppförs dock runtom i världen även efter denna händelse och många av dessa, i likhet med World Trade Center, uppförs i icke avsmalnande former. Detta innebär att personantalet i byggnaden är ungefär detsamma för varje våning och inte som i äldre höga byggnader som smalnade av upptill och där persondensiteten minskade med byggnadens höjd. I avsmalnande byggnader kan trapphusen utformas bredare längre ner i huset för att undvika köbildning, en metodik som dock inte fungerar i en icke avsmalnande byggnad med jämn persondensitet.

Att däremot utöka antalet trappor är en lösning för att möjliggöra simultan utrymning av en hög, icke avsmalnande byggnad men detta är inte rimligt sett till den yta av varje våning en trappa tar i anspråk och vilken ekonomisk påverkan detta får för byggnaden (Bukowski, 2008).

Utrymning via trappor har nackdelar som blir speciellt tydliga i höga byggnader. Bland annat blir problematiken med counterflow värre om många människor använder trapporna. Även det antal våningar räddningstjänsten kan behöva transportera personal och material upp för kan vara avsevärt. När väl insatsen inleds kan en stor del av trapphuset blockeras av insatsarbetet vilket ytterligare försvårar de utrymmandes situation.

Speciellt besvärlig blir utrymningen av höga byggnader för rörelsehindrade. En eventuell utrymning för denna grupp från hög höjd kräver stora kraftansträngningar, mycket personal och lång utrymningstid (Bukowski, 2007).

2.4.1.1 World Trade Center

En stor del av de svårigheter som kan uppstå vid utrymning av höga byggnader inträffade vid World Trade Center attacken 2001. För att få bättre förståelse för vad som inträffade har en haverirapport framarbetats av amerikanska NIST (Averill, o.a., 2005) och nedanstående avsnitt bygger på den rapporten. Trots att händelsen utgör ett extremfall kan den ändå användas som exempel på vad som kan gå fel när massutrymning av en byggnad behöver genomföras.

Den mest förödande konsekvensen av flygplanskrascherna var att de direkt skar av alla utrymningsvägar för de som befann sig på våningarna ovanför den träffade zonen. Detta berodde dels på kraften i kollisionen men också på hur utrymningsvägarna var placerade i byggnaderna. WTC – tornen var liksom de flesta höga byggnader idag konstruerade med en kärna bestående av hissar, utrymningstrappor och serviceutrymmen, medan det övriga utrymmet i tornen användes till de olika verksamheterna. Detta innebar att alla utrymningsvägar var placerade relativt nära varandra i byggnaden och därmed slogs ut samtidigt vid kollisionerna (Averill, o.a., 2005). Anledningen till att systemet med en central kärna används är att det är effektivt för att spara utrymme, vilket nästintill är en nödvändighet vid högre byggnader om tillräckligt många trappor för att uppfylla kraven ska få plats.

Huvudproblemet efter kraschen var den trängsel som uppstod i trapphusen då alla i byggnaden försökte utrymma på en och samma gång. Detta innebar att transporthastigheterna i trapporna blev mycket låga, något som ytterligare förvärrades av att även rörelsehindrade och skadade utrymde denna väg. Problem uppstod också när räddningstjänsten inledde sin insats och började röra sig uppför trapporna i motsatt riktning, mot strömmen av människor (Averill, o.a., 2005). Tillsammans ledde dessa faktorer till att utrymningen fortfarande pågick när tornen rasade.

Något annat som tydligt framträdde vid attentatet var vikten av information i alla aspekter av utrymningen. En stor del av de som intervjuades efter händelsen angav att deras första reaktion, och även det beteende som återkom, var att söka information. Dels om vad som hade hänt men också om hur situationen såg ut just för tillfället. Detta ledde inledningsvis till att många, på grund av brist på denna information, väntade med att utrymma. De utannonseringar som genomfördes av byggnadens personal fick inte heller avsedd effekt. Vid tiden för det första meddelandet fungerade inte högtalarna överallt, och många hade förflyttat sig till trapphusen och hörde därför inte den information som förmedlades (Averill, o.a., 2005).

Händelse visar tydligt på vikten av information, eftersom folk i allmänhet fattade rätt beslut då de fått tillgång till den information som behövdes för att bedöma läget. Rapporten av WTC-katastrofen visar tydligt att det i byggnader som är mycket höga kan inträffa händelser vid bottenplan som helt kan undgå de som vistas på de övre våningarna och tvärtom. Det är därför i dessa byggnader extra viktigt att ha ett bra och väl fungerande informationssystem.

2.4.2 Rörelsehindrades situation

En ökande andel av populationen har svårigheter med att gå i trappor och en liten andel människor kan inte använda trappor överhuvudtaget utan assistans (Bukowski, 2007).

Boverket definierar rörelsehindrade som personer med nedsatt rörelseförmåga och/eller balans och som kan behöva använda sig av till exempel rullstol, rollator eller käpp (BBR, 2008). När det gäller utrymning ur höga byggnader täcker dock denna definition inte in alla som kan anses behöva assistans vid en utrymning ned för trappor utan även andra grupper bör inkluderas. Detta är till exempel personer med kraftig övervikt, personer med nedsatt hälsa, till exempel astma och hjärtproblem och personer med temporära ansträngningsnedsättningar som till exempel gravida.

En analys gjord efter World Trade Center katastrofen visade att cirka 6 procent av de som befann sig i husen behövde assistans för att ta sig ned för trapporna (Bukowski, 2008) och enligt en dansk studie har uppskattningsvis 8 procent av populationen stora rörelsebegränsningar (Bengtsson, 1997).

I allmänhet ökar andelen som behöver assistans ned för trappor vid utrymning med byggnadens höjd (Bukowski, 2007).

Även om kraven på tillgänglighet har ökat har inte motsvarande krav på möjligheterna för utrymning skärpts. I dagsläget kan personer med funktionsnedsättning själva transportera sig inom byggnader med hjälpmedel i form av bland annat hissar men vid utrymning behöver vissa av dessa personer assistans (Bukowski, 2008). Detta kan ske antingen med hjälp av andra personer nedför en trappa eller med räddningstjänstens hjälp via en brandbekämpningshiss. En person som använder hjälpmedel i form av en rullstol för att röra sig kan behöva bäras ned av andra, vilket kan sakta ned utrymningsflödet i trapphuset (Bukowski, 2007).

Templar utförde ett antal försök på 1970-talet för att bestämma människors gånghastighet ned för trappor och på 1990-talet lät Pauls genomföra nya försök vars resultat jämfördes med Templars (Bukowski, 2007). Denna jämförelse visade att gånghastigheten nedför trappor minskat till en fjärdedel mellan de båda försöken. Den troligaste förklaringen till denna skillnad är att medelvikten ökat betydligt under denna tidsperiod. Större människor behöver bredare trappor för att kunna behålla samma flöde, rör sig långsammare och kan inte ta sig ned för lika många trappor innan de behöver vila (Bukowski, 2007).

Storbritannien har som första land ställt krav på att utrymningsmöjligheter för rörelsehindrade personer skall finnas tillgängliga i byggnader som överstiger 18 meter. En brandbekämpningshiss kan då utgöra utrymningshiss men enligt kravet skall det vara möjligt för den rörelsehindrade att kunna utrymma denna väg innan räddningstjänsten anlant till platsen (BS 9999-G:2008). Utrymnet runt hissen skall vara

brandtekniskt avskilt, där nödställda kan vara skyddade från direkt påverkan av brand och vid behov invänta räddningstjänstens assistans.

I svenska regelverk och föreskrifter nämns inte hissar som en möjlig utrymningsväg för rörelsehindrade, vilket dock inte innebär att det finns något hinder mot att använda denna lösning.

De lösningar som nämns är att byggnader där trappor är utrymningsväg förses med trapphisshallar dimensionerade så att personer med rullstol skall kunna invänta assistans där, eller alternativt att ett utrymme i anslutning till trapphuset utformas som en egen brandcell där rörelsehindrade kan invänta assistans för vidare transport antingen till det fria eller till en tillfällig utrymningsplats inom byggnaden (Boverket, 2006).

2.4.3 Flödesproblematik

Counterflow kallas den effekt som uppstår då personer på väg i en riktning möts av personer på väg i motsatt riktning. Vid utrymning kan detta innebära att utrymningstiderna förlängs.

Counterflow-problematik kan uppstå i alla situationer där utrymning krävs och behöver inte ske just i trappor, men på grund av det begränsade utrymnet och den vertikala stigningen är det dock i dessa fall som problemet blir mest markant. Många av de överlevande som intervjuades efter WTC - attacken angav att de stött på problem under utrymningen i form av trängsel när de mött brandmän i trapphuset (Averill, o.a., 2005). Anledningen till att problemen med counterflow är större för högre byggnader är den längre utrymningstid som krävs, vilket innebär att räddningstjänsten ofta hinner inleda sin insats innan utrymningen slutförts. Exakt hur mycket längre utrymningstiden sedan blir beror på många olika faktorer som är kopplade till byggnadens utformning och höjd, räddningsinsatsen, de utrymmande och vilken sorts situation som orsakat utrymningen.

En möjlig lösning för att minska problematiken med counterflow är brandbekämpningshissar, vilka också reducerar tiden det tar för räddningspersonalen att nå en högt belägen olycksplats avsevärt. Simulerade tider för räddningstjänsten att nå en brand på 35:e våningen hamnar till exempel på 2.5 – 3.5 minuter vid användning av hiss medan det dröjer mellan 17 och 34 minuter om trapporna utgör vägen upp (Kuligowski, o.a., 2004). Den fysiska ansträngning som det innebär för räddningspersonalen att bära utrustning tiotals våningar upp undviks också.

2.4.4 Ökade utformningsmöjligheter

Den utveckling som sker inom byggbranschen i dagens läge innebär inte bara att byggnader blir högre och högre utan allt större vikt läggs också på byggnadens design och utformning. För att utforma brandskyddet i dessa nya, unika byggnader krävs speciella lösningar som tar hänsyn till byggnadens egenskaper. Hissar är idag en del av byggnadens planering redan från början och deras funktion används dagligen. Detta gör dem till en naturlig del av utformningen av en byggnad, vilket kanske inte är fallet när det gäller utrymningstrappor.

Nästan alla länder har i dagsläget krav på att byggnader ska ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Detta innebär att nya byggnader med behov av hiss även behöver ha två stycken brandsäkra trapphus. Kravet utgör, utöver en ökad kostnad, stora hinder för hur byggnaden kan designas och hur mycket utrymme i den färdiga byggnaden som kan användas.

Om en lösning med till exempel trappa kombinerat med hiss som utrymningsväg skulle kunna användas skulle flexibiliteten i utformningen av nya byggnader öka avsevärt. Även kostnaden för uppförandet av byggnaden skulle i vissa fall kunna minska och större yta för verksamheter skulle innebära större intäkter (Bukowski, 2007). Förutsättningen för att en sådan lösning ska kunna genomföras är att säkerheten för de som befinner sig i byggnaden inte äventyras och att de kan övertygas om att även hissen är säker att använda i händelse av brand.

2.5 Byggnader med utrymningshiss

Det finns i dagsläget ett fåtal byggnader runtom i världen som använder utrymningshissar som utrymningsväg. De flesta byggnader med utrymningshiss är mycket höga, vilket är logiskt då utrymningshissens fördelar blir större ju högre byggnaden är. De utrymningshissar som finns idag är alla installerade senare än 1996 vilket kan bero på att tekniken för att göra utrymning via hiss säker relativt nyligen nått en tillfredställande nivå. Nedan presenteras några byggnader som idag har utrymningshissar och anledningen till att denna lösning valdes.

- **Wrangelska palatset, Stockholm**

Wrangelska palatset som inrymmer Svea hovrätt genomgick år 2004 en större ombyggnation och säkerheten för rörelsehindrade ansågs då vara otillräcklig (Larsson, 2006). Detta gällde dels utrymningsmöjligheten från åhörarläktaren i plenisalen, där det fanns risk att rörelsehindrade vid brand inte oassisterat hade möjlighet att sätta sig i säkerhet. Lösningar med säker flyktplats uteslöts på grund av utrymmesbrist och istället installerades en utrymningshiss i anslutning till åhörarläktaren. Denna hiss uppfördes utgående från den svenska standarden för brandbekämpningshissar (SS-EN 81-72, 2003) som anpassades så att hissen skall kunna fungera som utrymningsväg.

- **Stratosphere Tower, Las Vegas**

Ett känt exempel på en byggnad med utrymningshiss är Stratosphere Tower i Las Vegas. Själva tornet som innehåller utrymningshissarna utgör en del av kasinot och på tornets topp finns bland annat kapell, restauranger och bergochdalbanor. Stratosphere Tower var en av de första byggnaderna som använde hissar som utrymningsväg och detta är en av anledningarna till att det fått mycket uppmärksamhet inom området. Den huvudsakliga bakomliggande orsaken till att denna lösning valdes var utformningen av tornet, där det lägsta använda utrymnet är beläget 242 m över marken (Quiter, 1996). Mellan marken och denna första våning är tornet mycket smalt, se Figur 1, vilket innebar att det antal trappor som regelverket kräver inte fick plats. En annan anledning till att trappor skulle vara opraktiskt är den höga höjden i sig, vilket hade inneburit stor fysisk ansträngning att ta sig ner för och problem för räddningstjänsten vid en insats. En lösning med utrymningshissar som huvudsaklig utrymningsväg kompletterades med en utrymningstrappa valdes därför. När larmet går utryms byggnadens våningar ner till två säkra plan från vilka tre stycken utrymningshissar transporterar människor vidare ner till det fria. Även en fjärde hiss finns tillgänglig men denna är avsedd för räddningstjänstens bruk.

- **Petronas Twin Towers, Kuala Lumpur**

Vid uppförandet 1998 var Petronas Twin Towers världens högsta byggnad med sina 448 m. Till en början fanns inga utrymningshissar i byggnaden utan utrymningen hade planerats på annat sätt. Vid händelse av brand eller nödsituation skulle de som befann sig i det drabbade tornet använda trapporna för att ta sig ner till det plan där en bro sammanbinder de två byggnaderna (Bukowski, 2008). Därefter skulle de utrymmande använda bron för att ta sig över till den ohotade byggnaden och därifrån ta expresshiss ned till bottenplan. Denna lösning ansågs vara tillfredställande men vid ett bombhot 2001 visade det sig att bron utgjorde en flaskhals vilket innebar utrymningstider på



*Figur 1. Stratosphere tower
(Foto: Chris Metcalf. Med tillstånd)*

flera timmar. För att komma tillrätta med problemet installerades utrymningshissar i byggnaderna mellan de översta våningarna och det plan där bron finns belägen. En brandövning efter detta visade att det var möjligt att utrymma bägge tornen på mindre än en halvtimme (Bukowski, 2008).

- **Taipei 101, Taipei**

Fallet med Taipei 101 liknar mycket det med Petronas Twin Towers. Byggnaden stod i princip färdigbyggd och hade till en början inga utrymningshissar. En utrymningsövning strax innan byggnaden skulle öppnas gav dock utrymningstider kring 2,5 timmar vilket fick räddningstjänsten att reagera. Detta ledde till att utrymningshissar installerades för utrymning av de övre planen vilket ledde till att utrymningstiderna minskade till strax under en timme (Bukowski, 2008).

- **Eureka Tower, Melbourne**

Eureka Tower i Melbourne öppnade den 11:e oktober 2006 och är en 300 m hög bostadsbyggnad (Eureka Skydeck 88). Detta gör det till den högsta bostadsbyggnaden i världen. Denna byggnad planerades redan från början med utrymningshissar och använder sig av en kombinerad lösning. I händelse av brand utrymmer folk via trappor ned till närmaste skylobby, på våning 24 eller 52 och tar sedan därifrån expresshissen ned till bottenplanet (Heyes, 2009).

- **Shanghai World Financial Centre, Shanghai**

Shanghai World Financial Centre är en byggnad där en annan lösning med utrymningshissar har använts. I byggnaden finns "säkra våningsplan" dit de som uppehåller sig i byggnaden utrymmer. Från den högsta delen av byggnaden ("Skylobbyn") finns möjlighet att utrymma med hjälp av utrymningshiss men hela byggnaden är också utförd enligt kraven för utrymning via trapphus. Hissen är alltså endast ett komplement till utrymningslösningen och ska inte vara en nödvändighet för att trygg utrymning ska kunna genomföras (Heyes, 2009).

Detta är inte de enda exemplen på byggnader som idag använder sig av någon form av utrymning via hissar. Det är till exempel vanligt i USA att flygledartorn har hiss som sekundär utrymningsväg. De fall som tagits upp ovan kan dock ses som exempel på vid vilka situationer man i dagsläget har ansett att utrymningshiss behövs för att trygga säker utrymning.

2.6 Brandbekämpningshissar

Även om utvecklingen ännu inte kommit så långt att hissar används vid utrymningar i någon större utsträckning så finns det länder som har kommit en bit på vägen. I England är det till exempel lagstadgat om att byggnader högre än 18 meter ska ha en så kallad brandbekämpningshiss installerad (BS 9999-6:2008) och liknande krav finns i bland annat Nya Zeeland och Australien (Heyes, 2009). I Sverige finns brandbekämpningshissar installerade ibland annat Turning Torso i Malmö och i Kista science tower utanför Stockholm.

Med en brandbekämpningshiss menas en hiss som är specifikt avsedd att användas av räddningstjänsten för insats och utrymning (BFS 2002:19). Denna hiss är utformad för att vara resistent mot brandpåverkan och är försedd med kontrollsystem som möjliggör för räddningspersonalen att framföra den i fas 2. En sådan hiss kan användas som utrymningsväg för personer med vissa funktionshinder som har svårt att gå i trappor (Bengtson, o.a., 2005) men detta först efter att räddningstjänsten aktiverat och anlänt med hissen till det plan där rörelsehindrade befinner sig. Detta skiljer sig i de brittiska byggreglerna där det ges möjlighet för rörelsehindrade att använda brandbekämpningshissen som utrymningsväg även innan räddningstjänsten anlänt till platsen (BS 9999-6:2008).

I Sverige skall brandbekämpningshissen och dess hisshall utformas så att de begränsar inträngning av brandgaser. Detta innebär fortfarande att sådana förhållanden kan uppstå, och att särskild skyddsutrustning krävs för att inte ta skada av till exempel brandgasspridning. Brandbekämpningshissens hisshall skall dock vara brandtekniskt avskiljd. (SS-EN 81-72, 2003). Brandbekämpningshissar kan vara personhissar som används i byggnaden vardagligen och sedan byter funktion vid brand, eller hissar som

normalt inte transporterar människor utan endast fyller funktionen av brandbekämpningshiss. I det nya Freedom Tower, under uppbyggnad där World Trade center tidigare stod, används till exempel en servicehiss som brandbekämpningshiss och har utformats för att kunna fylla båda dessa funktioner (Siddens, 2008). Den normala angreppsstrategien med brandbekämpningshissar skiljer sig endast delvis från den som används med trappor. Skillnaden ligger i att räddningspersonalen istället för att ta trapporna och bära utrustningen använder sig av brandbekämpningshissen för transport upp till två eller tre våningar under brandvåningen. Från denna våning tar de sig in i trapphuset och går därmed över till den normala angreppsstrategin (Bukowski, 2005).

Det finns flera skäl till att använda brandbekämpningshissar i högre byggnader. Problematiken med counterflow undviks till viss del eftersom räddningspersonalen tar hissen nästan hela vägen upp till branden. En viss blockering av utrymningsvägarna kommer fortfarande att ske i direkt anslutning till brandplanet i form av utrustning och personal men större delen av trapphuset kommer att ligga fritt för utrymmande. Resultatet av att insatspersonal inte behöver ta sig uppför trapporna och heller inte trängas med utrymmande blir en avsevärt mycket kortare tid för att inleda insaten. Simuleringar, utförda av NIST, med en brand på 34:e våningen visar att tiden till påbörjad insats kan minskas med en faktor 5-10 om brandbekämpningshissar används (Kuligowski, o.a., 2004). När personal och utrustning transporterats upp står också hissen till räddningspersonalens förfogande. Detta innebär att den med personalens kontroll kan användas för att assistera rörelsehindrade och skadade i utrymningen. Detta är enda möjligheten för individer som inte kan använda sig av trappor oassisterade att utrymma till det fria i dagsläget förutom med hjälp av utrymningshissar (Bukowski, 2005).

2.7 Nuvarande regelverk

Både i Sverige och internationellt har intresset ökat för de möjligheter som utrymningshissen medför vid konstruerandet av höga byggnader. Även om inget land ännu har anammat utrymningshiss som en vedertagen utrymningslösning har åtminstone 12 länder krav på att brandbekämpningshiss skall finnas tillgängligt i byggnader som överstiger en viss höjd (Kuligowski, o.a., 2004).

2.7.1 Svenskt regelverk

Den myndighet som i Sverige reglerar byggnadstekniska frågor är Boverket. I Boverkets byggregler (BBR, 2008) anges att byggnader skall utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand samt att bostäder och lokaler, där personer vistas mer än tillfälligt, skall ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Då det gäller utrymning ur höga byggnader skall bostäder och lokaler ha tillgång till minst ett trapphus Tr2 vid fler än åtta men högst sexton våningsplan och minst ett trapphus Tr1 i byggnader med fler än sexton våningsplan (BBR, 2008).

En hiss kan dock inte utgöra utrymningsväg såvida den inte särskilt utformats för detta (Bengtson, o.a., 2005). Vad ”särskilt utformats för” innebär är inte specificerat utan en särskild utredning behöver genomföras för varje enskilt fall då denna lösning kan vara aktuell.

2.7.2 Internationella regelverk

Beskrivningar och rekommendationer för hur en utrymningslösning med utrymningshiss skall vara utformad finns i det brittiska byggregelverket (BS 9999-G:2008). Där föreskrivs att om hissen skall vara en del av utrymningslösningen för personer som behöver assistans så skall den vara utformad som en utrymningshiss. Om en byggnad är försedd med utrymningshiss skall denna alltid vara en tillgänglig utrymningsväg men prioritet skall ges för personer som behöver assistans och det förväntas att behörig personal hjälper till under utrymningen. Normalt skall personer med god rörelseförmåga hänvisas till andra utrymningsvägar försedda för detta ändamål.

Ingen del av en utrymningsväg skall dock endast betjänas av en utrymningshiss (BS 9999-G:2008).

I Storbritannien krävs enligt regelverket brandbekämpningshiss om byggnaden är högre än 18 meter och/eller har våningsplan tio meter eller mer under marken (BS 9999-6:2008). Denna hiss är inte avsedd att användas av allmänheten vid brand utan av räddningstjänsten. Säker utrymning skall dock möjliggöras för rörelsehindrade personer varför brandbekämpningshissen får användas för utrymning av rörelsehindrade personer innan räddningstjänsten anlant till platsen (BS 9999-G:2008). Det ställs dock inte samma krav på hisshallens utformning och möjlighet att förhindra brandgasinträning som de för en utrymningshiss.

I amerikanska byggregler (NFPA 101, 2009) ges möjligheter för att använda hiss som utrymningsväg innan fas 1 inleds. Detta är ett nytt tillägg som finns med i informativt syfte och det ges i tillägget råd och riktlinjer för hur ett system med utrymningshiss kan utformas. Tillägget ger möjlighet för byggnadsägare att installera utrymningshiss på frivillig basis men förslaget ges med förbehållet att en utrymningshiss inte kan ersätta en vanlig utrymningsväg utan endast användas i kompletterande syfte.

2.8 Teknisk utformning

För att hissar skall vara en möjlig utrymningsväg måste både hissens och hisshallens funktioner säkerställas mot brand och mot de förhållanden en brand kan medföra. I detta avsnitt beskrivs vilka problem som tidigare försvårat möjligheterna att använda hiss vid brand och vilka tekniska lösningar som har möjliggjort det.

2.8.1 Tidigare problematik

Vid hissar runt om i världen brukar en skylt ange att hissen inte skall användas vid brand. En sådan hiss är inte utformad för utrymning och skall därför inte användas i evakueringssyfte vid en brand (Klote, o.a., 1992).

Då den moderna hissen konstruerades ansågs denna vara en utmärkt lösning för att kunna transportera människor i höga byggnader och gav möjligheten till högre konstruktioner. Hissen blev det primära transportmedlet i dessa fall och utnyttjades även vid utrymning, något som visade sig få stora konsekvenser. Vid en brand kunde värmen aktivera anropsknapparna vid hissen och därmed kalla hissen till brandplanet. Röken hindrade därefter fotocellstyrda hissdörrar från att stängas och vatten i hisschaktet kunde leda till kortslutning av elektroniska komponenter (Bukowski, 2005).

NFPA listade i Life and safety code år 1976 bland annat följande nackdelar med att använda hiss vid utrymning (Klote, 1982):

- Folk kan exponeras för värme och rök då de väntar på hissen.
- Automatiska hissar kan kallas till brandplanet på grund av att värme aktiverat anropsknappen.
- Strömavbrott orsakat av brand

Förutom dessa har även följande punkter nämnts som argument mot att använda hissar vid utrymning (Pauls, o.a., 1991):

- Risk för rökspridning via hisschaktet.
- Uppkomna tryckskillnader gör att hissdörrarna inte kan stängas.
- Inträngning av vatten i hisschaktet kan leda till skador på elektriska komponenter.

2.8.2 Generella lösningar

Många av de punkter som behandlades i ovanstående avsnitt är numera fullt möjliga att lösa med hjälp av nya tekniska lösningar.

Risken för att människor skall exponeras för värme och rök medan de väntar på hissen och att hissarna öppnas på brandplanet kan undvikas genom att hisshallen utformas som en egen brandcell samt förses

med detektor så att hissen inte anländer om brandgaser förekommer i hisshall (Klote, o.a., 1992). För att förhindra att brandgaser sprids till hisschaktet och vidare i byggnaden bör hisschaktet vara brandgastätt och även trycksättas. Även hisshallen bör vara brandgastät samt trycksatt för att skydda den från brandgaser och motverka de eventuella tryckskillnader som skulle kunna försvåra stängning av hissörrarna (Kuligowski, o.a., 2004).

För att undvika strömavbrott bör strömförsörjningen bestå av två skilda system, varav ett reservsystem. Dessa bör vara åtskilda från varandra och vara skyddade från brand under minst samma tid som byggnadens struktur (Bukowski, 2008). En möjlig lösning är att placera strömförsörjningskablarna i hisschaktet. Om dessa kablar skulle skadas av en brand innebär det att brand/brandgaser spridit sig till hisschaktet vilket redan i sig innebär att hissen inte kan användas för utrymning (Klote, o.a., 1992). I hela byggnaden skall kablarna för den primära strömförsörjningen och reservströmförsörjningen vara separerade och dragna genom zoner med låg brandrisk eller vara försedda med brandsäkra höljen så att ett haveri hos det ena system inte påverkar det andra (BS 9999-G:2008).

Vatteninträning i hisschaktet skulle dels kunna bero på att sprinklersystemet aktiverats och dels på att räddningstjänsten påbörjat sin insats. På detta problem finns det två olika lösningar (Klote, o.a., 1993); antingen att göra hisskomponenterna vattensäkra eller att förhindra vatten från att ta sig in i hisschaktet. Den första lösningen har dock bristen att normalt hissunderhåll försvåras om komponenter förses med till exempel skyddskåpor. Samtidigt kan den ge upphov till en falsk känsla av säkerhet då hissen fungerar bra i normalfallet men riskerar att haverera vid vattenpåverkan om det finns brister i vattenskyddet. Att förhindra vatten från att ta sig in i hisschaktet är däremot en lösning som inte kräver mycket underhåll alls. Detta kan erhållas genom att utforma golvet framför hissen med en lutning som får vatten att rinna bort från hissen och kan även kombineras med en ränna som leder bort vattnet. Installation av sprinkler i en byggnad med utrymningshiss är trots vattenproblematiken att föredra. Sprinklers har visats vara en bra metod för att förhindra att små bränder växer sig större och kan minska risken det innebär att använda utrymningshissen under brand (Chapman, 1990-91).

2.8.3 Tekniska rekommendationer enligt svensk standard för brandbekämpningshiss

De tekniska lösningar som behövs för att göra utrymningshissen säker vid händelse av brand finns i dagsläget redan. Generellt gäller att de problem som har funnits främst har varit kopplade till fukt, värme och rök (Kuligowski, o.a., 2004). Riktlinjer för hur en utrymningshiss kan utformas för att lösa dessa problem kan hämtas ur den europeiska standarden för brandbekämpningshissar (SS-EN 81-72, 2003), som i detta kapitel hänvisas till som ”standard”. De bestämmelser som gäller för brandbekämpningshissar skulle kunna överföras till utrymningshissar, även om vissa tillägg och förändringar behöver göras när det gäller till exempel hisshall samt kommunikations- och kontrollsystem. Några av de viktigaste brandtekniska lösningarna från standarden presenteras nedan.

2.8.3.1 Generella krav

I fallet med ytskikt och brandcellsgränser hänvisar standarden till respektive lands egna bestämmelser. Vissa förutsättningar sätter standarden dock upp, det anges till exempel krav på att avskiljning och brandklassning för alla delar av hisssystemet (schakt, eldragning, maskinrum, hisshallar osv.).

Vissa krav som kanske inte är aktuella för en brandbekämpningshiss kan dock spela större roll när det gäller en utrymningshiss och behöver därför poängteras. Det ställs i standarden till exempel inga krav på konstruktionens bärlighet eller att byggnaden ska vara sprinklad för att brandbekämpningshissar ska få installeras. Om utrymningshiss skall installeras bör byggnaden vara sprinklad (Chapman, 1990-91).

2.8.3.2 Hisskorgen

Om utrymningshissen skall kunna uppfylla funktionen av en vanlig hiss gäller enligt standarden de krav som ställs på vanliga hissar även utrymningshissar. Även storleken på hissen regleras via tidigare fastlagda

normer, i detta fall utifrån ISO 4190-1. Standarden (SS-EN 81-72, 2003) klargör också i hur knappar och övriga kontroller i hissen skall utformas och att de skall vara tåliga mot fukt, värme och rök. Om hissen ska utgöra utrymningsväg är det viktigt att se till att det även går att ta sig ut ur den om den skulle stanna av någon anledning. I standarden presenteras lösningar och regler gällande detta som ska uppfyllas.

2.8.3.3 Hisshallen

I standarden för brandbekämpningshissar anges krav på hisshallens storlek och anropsknappar. Hisshallen skall vara brandavskiljd men brandklassningen på brandcellsgränsen mellan hisshallen och den övriga byggnaden tas inte upp specifikt i standarden utan detta utformas utifrån respektive länders bestämmelser. Eftersom brandbekämpningshissen inte är avsedd för utrymning utan assistans från räddningstjänsten finns inget krav på att hisshallen ska vara trycksatt, även om krav på begränsning av brandgaser anges. Detta bör den dock vara av flera anledningar om hissen ska utgöra utrymningsväg. Bland annat minskar det risken för inträngning av rök och eliminerar tryckskillnader mellan hisschakt och hisshall. Behovet av en trycksatt hisshall är därför av yttersta vikt om hissen skall användas för utrymning (Bukowski, 2005)(Chapman, 1990-91).

Ett annat problem där inga specifika lösningar anges i standarden är inträngning av vatten i hisschaktet från hisshallen. Det anges endast att designen av hisshallen ska vara sådan att vatteninträngning i schaktet hindras. Exempel på hur detta skulle kunna lösas praktiskt är att ha sluttande golv upp mot hissdörren (Chapman, 1990-91).

2.8.3.4 Schakt

Även om vatteninträngning i hisschaktet i så stor mån som möjligt ska förhindras finns det i standarden även krav på viss vattentålighet på komponenterna som finns där. Botten av schaktet ska också utformas för att kunna hålla en viss nivå av vatten och för att denna maximala nivå inte överskrids. Liksom med hisshall anges inga krav i standarden på att schaktet ska vara trycksatt utan bara på täthet men trycksättning bör finnas av samma anledningar som nämns i föregående stycke. Om flera hissar är placerade i samma schakt gäller att den säkerhetsnivå som krävs för brandbekämpningshissen ska gälla hela schaktet (SS-EN 81-72, 2003). Detta är speciellt viktigt eftersom hissen blir obrukbar om hisschaktet blir satt ur spel.

2.8.3.5 Elektronik, strömförsörjning och maskinrum

En av de viktigaste parametrarna för att kunna säkerställa att hiss kan användas som utrymningsväg är att driften av hissen inte störs vid brand. Detta innebär att elektriska komponenter, strömförsörjning och driftsutrustning måste fungera. Att hindra vatteninträngning i schaktet är en viktig parameter för att funktionen ska kunna upprätthållas. Vissa mer exponerade komponenter kan dock behöva vara vattentåliga i sig, speciellt de i anslutning till dörrar, hisshallar och schaktbotten där man kan förvänta sig vatten från sprinklersystem eller vid insats av räddningstjänsten. Detta poängteras också i standarden. Strömförsörjningen omnämns i standarden och speciellt då att minst två separata strömkällor krävs. Detta för att säkra strömtillförseln till hissen även om den normala strömkällan sätts ur spel.

2.8.4 Rekommendationer för funktionskrav

Många av de tekniska rekommendationer som finns för hur en utrymningshiss bör utformas utgår ifrån den funktion som hissen ska fylla. Vilka funktionskrav som en utrymningshiss bör uppfylla enligt litteratur på området redovisas nedan.

2.8.4.1 Kapacitet utrymningshiss

Det är inte tillämpligt att dimensionera en utrymningshiss utifrån en brandbekämpningshiss då dessa inte fyller samma funktion som utrymningsväg. Exempel på hur hög kapacitet vanliga personhissar anses behöva i dagens läge är att omkring 10% av byggnadens population ska kunna ta sig ut på 5 min (Bukowski, 2008). Om utrymningshissar har samma kapacitet innebär detta att byggnader kan utrymmas

på en timme eller mindre. Utrymningstiden måste dock sättas i proportion till den brandklassning byggnaden har i övrigt (Bukowski, 2008), det vill säga stå i relation till bland annat byggnadens bärighet vid brand.

2.8.4.2 Kapacitet hisshall

Hisshallens storlek behöver dimensioneras med hänsyn till hur stor andel av en våningspopulation som förväntas ta hissen vid utrymning. Den skall också erbjuda tillräckligt mycket utrymme, för att undvika trängsel och/eller ökad oro, till de personer som väntar på hissen.(Groner, o.a., 1992). I ett ännu inte antaget tillägg till amerikanska byggregler föreslås att hisshallen till en utrymningshiss bör erbjuda 0.28 m²/person och att minst 25 procent av våningens population skall få plats där (NFPA 101, 2009). Denna dimensionering är dock gjord med förbehållet att hissen endast ses som en kompletterande utrymningsväg och inte som en ersättande. Annan litteratur (Bukowski, 2008) föreslår att 75 procent av en vånings population skall rymmas i hisshallen och att dessa skall erbjudas minst 0.5 m²/person.

2.8.4.3 Krav under drift

För att en hiss verkligen ska fungera som en utrymningshiss krävs att vissa funktioner uppfylls medan hissen är verksam. Bland annat är tvåvägskommunikation av stor vikt, både i hisshallar och i hisskorg. Denna är med fördel förbunden med någon form av räddningscentral. Även andra informationssystem, till exempel informationsskyltar om väntetider är av betydelse. För att förse en eventuell räddningscentral med realtidsinformation kan kameror monteras i hisshallarna (Klote, o.a., 1993, Proulx, o.a., 2009). I standarden (SS-EN 81-72, 2003) nämns också krav på att växlingen till reservkraft ska kunna ske utan att en kalibreringsåkning behöver göras.

2.8.4.4 Styrfunktion

En utrymningshiss kan kontrolleras antingen manuellt eller automatiskt (Charters, o.a., 2008). Manuell kontroll innebär att en person, till exempel personal från räddningstjänsten, manövererar hissen inifrån den och dirigerar den till olika våningsplan. Automatisk kontroll innebär att någon form av datorprogram styr hissen och bestämmer i vilken följd hissen skall evakuera byggnaden. Detta datorprogram kan antingen kontrolleras av en operatör eller helt sköta sig själv. Automatisk kontroll har fördelen att evakuering kan inledas direkt, utan att någon människa behöver bemanna hissen, medan manuell kontroll har fördelen att utrymningen kan anpassas till oförutsedda händelser (Charters, o.a., 2008). Den fördröjning det innebär att invänta personal som bemannar hissen kan dock innebära avsevärda risker för de personer som befinner sig på brandplanet (Proulx, 2004).

2.8.4.5 Utrymningsordning

För att väntetiden på hissen skall bli minimal för de personer som är utsatta för störst risk är det viktigt att byggnadens våningar evakueras i rätt ordningsföljd. Att optimera denna följd kommer också att inverka på den totala utrymningstiden genom att de personer med längst transporttid evakueras tidigt. Det finns ett antal olika förslag och ideér på hur utrymningsordningen skall ske men denna bör rimligtvis utformas för att passa den specifika byggnad som utrymningshiss skall installeras i. Valet av utrymningsordning kan även variera beroende på om hela byggnaden behöver utrymmas eller om endast brandplanet och närliggande anses vara hotade. Några riktlinjer för utformning presenteras nedan.

Samtliga hissar bör programmeras till att bege sig till entréplanet då brandlarmet aktiveras för att sätta de personer som befinner sig i hissen i säkerhet (Proulx, 2004). Ett röstmeddelande kan informera de som befinner sig i hissen om att de skall lämna hissen och utrymma byggnaden. Hissen/hissarna skall därefter bege sig till brandplanet (Proulx, 2004, Groner, 1995). Efter att brandplanet evakuerats bör de närliggande planen prioriteras. Ett förslag är att tömma två våningar ovanför och två våningar under brandplanet (Bukowski, 2008) och ett annat att tömma två våningar ovanför och ett under (Proulx, 2004). I bägge

förslagen rekommenderas att huset därefter, om detta bedöms vara nödvändigt, töms succesivt från högsta våningen och nedåt.

2.9 Människors beteende

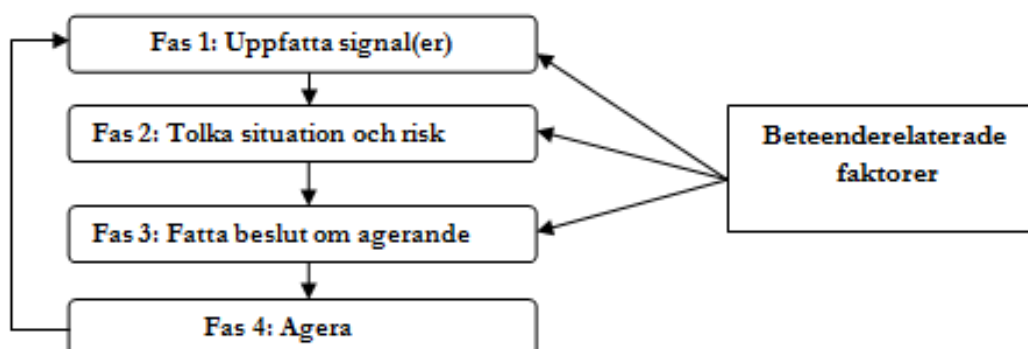
Människors beteende är komplext och kan variera stort beroende på person, situation och omständigheter. Vid planering av utrymningsvägar måste människors agerande vid olika nödsituationer beaktas. Det går inte endast att anta att alla personer i en hög byggnad, med olika förutsättningar i form av tidigare utbildning och erfarenheter, helt intuitivt skall kunna dra snabba och korrekta beslut i pressade situationer. För att undvika att felaktiga beslut fattas är det därför viktigt att ta hänsyn till olika mänskliga beteenden när utrymningsstaktiken för en byggnad planeras.

Med olika verktyg, anpassade efter önskad utrymningslösning, kan utrymningar göras både säkra, snabba och inte minst tillfredsställande för de personer som utrymmer ur byggnaden. Dessa verktyg kan dels bestå av informationssystem som förser människor med adekvat information om situationen och dels i utbildning av den personal som kan bistå vid en utrymning.

2.9.1 Psykologiska faktorer vid en nödsituation

Påståendet att för mycket information om en potentiell fara skulle kunna leda till panik anses numera förlegat. Snarare kan motsatsen förväntas. Det finns starka bevis på att människor handlar rationellt vid nödsituationer och handlar så bra de kan utifrån den information de erhållit (Groner, o.a., 1995). Myten att många personer som skadats vid bränder har drabbats av panik och därför tagit fel beslut kan skyllas på en vilja att lägga skulden på de drabbade snarare än att erkänna att det funnits byggnadstekniska svagheter (Fahy, o.a., 2009). Även medias bild av mänskligt beteende i samband med katastrofer och andra nödsituationer kan ses som en del av förklaringen till att människors förmåga att handla lugnt och rationellt i stressade situationer underskattas.

Människor har ett starkt behov att känna att de själva bestämmer över sitt eget öde (Groner, o.a., 1995) och behöver därför förse med fullständig information. Detta kan innebära att tydligt förklara vad som har hänt, var i byggnaden det har hänt och hur människor bör bete sig, det vill säga om de skall avvakta mer information eller inleda en utrymning. Att förse personer med bristfällig information kan leda till ökad känsla av oro då människor kan uppleva att de inte längre har tillfredsställande kontroll (Groner, o.a., 1992). Forskning på mänskligt beteende vid olika utrymningsituationer har visat att människor agerar först efter att de har inhämtat information och intryck, tolkat dessa och därefter övervägt vilka risker olika beslut kan innebära. Därefter fattar folk sitt beslut och agerar (Kuligowski, 2009). Denna process illustreras i Figur 2.



Figur 2. Den beteendemässiga processen för individers beslutsfattande vid brand i en byggnad. (Kuligowski, 2009)

Att tillhandahålla information är alltså viktigt för att personer skall ha möjlighet att fatta bra beslut men lika viktigt är att informationen de får är korrekt och realtidsbaserad. Vid attacken mot World Trade center 2001 informerades de som befann sig i torn 2 (som träffades sist) i ett högtalarmeddelande att en

brand pågick i torn 1 men att torn 2 var säkert och att folk ombads att återvända till sina kontor (Averill, o.a., 2005). Bara två minuter senare följde ett meddelande om att utrymning kunde inledas av torn 2 om detta ansågs berättigat. Risken för att förvirring kan uppstå är i detta fall uppenbar.

2.9.2 Människors beteende vid användning av utrymningshiss

Utformning av utrymningshissar kräver omsorgsfull planering och medvetenhet om de olika problem som kan uppstå med koppling till mänskligt beteende. Nedan beskrivs den problematik som identifierats i litteraturen.

2.9.2.1 Riskperception

Människor har sedan 30 år tillbaka blivit lärda att de inte skall använda hissen vid utrymning, något som kommer att påverka deras förtroende för att använda hiss som en utrymningsväg (Kuligowski, 2003). Likaså är det viktigt för människor att uppleva en känsla av kontroll över sin situation, något som minskar då personer skall förlita sig på en hiss för att kunna utrymma (Klote, o.a., 1992).

Några av problemen är alltså att lära människor att det är möjligt att utrymma med vissa hissar och få dem att känna trygghet för detta alternativ. De huvudsakliga faktorer människor känner oro över gällande hissutrymning är följande (Proulx, o.a., 2009):

- Att hissen skall bli strömlös.
- Att hissen skall fastna.
- Att brandgaser skall sprida sig till hisschaktet.
- Att väntetiden på hissen skall vara alltför lång.

En annan faktor då människor väljer mellan hiss och trappa som utrymningsväg är deras uppfattning om vilken som är den snabbaste utrymningsvägen. Preliminär forskning visar att denna faktor kan vara mer betydande vid människors val av utrymningsväg än om det är den säkraste eller minst riskfyllda vägen (Proulx, o.a., 2009).

Följande argument talar för att människor kan vara villiga att välja utrymningshissar (Klote, o.a., 1992):

- Den mänskliga uppfattningsförmågan är anpassningsbar. Med rationella argument och genom erfarenheter kan människor lära sig när det går att använda hissen för utrymning.
- Folk tenderar att välja samma väg ut som de kom in. De som använde hiss för att transportera sig till sin destination i byggnaden antas vara villiga att använda samma väg ut.
- Den fysiska ansträngningen jämfört med trapputrymning är mycket mindre. Ju högre upp i en byggnad som en person befinner sig, desto mer troligt att de väljer hissen för att ta sig ner.
- En utrymningsplan som informativt beskriver utrymningstaktiken inger förtroende hos människor att denna taktik är den bästa för dem själva och andra i byggnaden.

I ett antal tidigare brandincidenter har hissar använts vid utrymning, trots att dessa inte var utformade för detta syfte (Proulx, o.a., 2009). Detta förekom bland annat vid World Trade center katastrofen. Att hissar i dagsläget redan använts vid nödsituationer, trots anmodningar att inte använda hiss, antyder att det finns en andel av populationen som är beredda att använda hissar vid nödsituationer. Med utbildning och information kan denna andel förväntas öka.

2.9.2.2 Trängsel, sociala grupperingar och långa väntetider

Ett argument som talar mot användandet av utrymningshissar är risken för att hissen skulle bli överfull då för många människor försöker trycka sig in i den samtidigt, något som kan hindra dörrarna från att stängas och därmed hindra hissen från att åka (Kuligowski, 2003). Orsaken till denna uppfattning går delvis att

koppla till påståendet att många människor drabbas av panik och försöker rädda sig själva vid en nödsituation (Pauls, o.a., 1991).

Studier av beteendet under verkliga bränder har dock visat att människor bryr sig och försöker hjälpa andra (Groner, o.a., 1992). Folk kan förväntas vara beredda att acceptera en mindre sänkning av sin personliga säkerhetsnivå så länge de känner att denna fortfarande är tillräckligt hög och att de därmed inte är i fara. Det är därför troligt att människor väntar på sin tur när de upplever att de fortfarande kommer att kunna utrymma säkert och att deras väntan innebär en smidigare utrymning av byggnaden.

Enligt Heyes (2009) har faktorer kopplade till sociala grupperingar inte visat sig ha någon negativ påverkan på utrymningen. Då utrymning sker tillsammans med kollegor eller vänner minskar snarare risken för ett konkurrerande beteende till förmån för ett hjälpsamt och ordningsamt förhållningsätt.

Människors oro kan antas öka då väntetiden på hissen ökar. Vissa personer kommer att bli tvungna att vänta i hisshallen en anseelig tid innan hissen anländer till deras våning.

Resultat från simuleringar utförda för ett antal olika byggnader i USA (Klote, o.a., 1992) visade att då väntetiden översteg 10 minuter, upplevdes detta som en alltför lång tid för vissa personer. Om inte information om väntetider finns tillgängligt kan en viss andel av dessa välja att ta trappan istället för att vänta kvar. I en enkätundersökning, baserad på fiktiva händelser, framkom att hälften av de som avsett att använda hiss för att utrymma endast kan tänka sig att vänta två till tre minuter innan de skulle bege sig till trappan (Heyes, 2009), något som dock visade sig variera betydligt med vilken våning personer befann sig på. Desto högre upp i en byggnad, desto längre tid var folk villiga att invänta hissen.

2.9.2.3 Våningshöjd

Våningshöjden kan ha inverkan på hur många personer som är beredda att välja hissen som utrymningsväg. Studier utförda med hjälp enkätundersökning (Heyes, 2009) visar att desto högre upp personer befinner sig i en byggnad, desto större andel personer kan tänka sig att använda hissen vid en nödsituation. De resultat Heyes erhöll för hur stor andel personer som kan tänka sig att använda hissen, beroende på vilken våning de befinner sig på presenteras nedan i Figur 3.

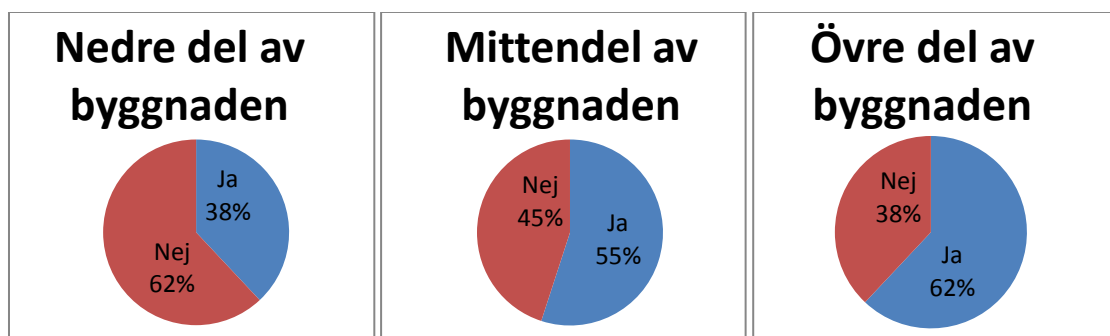


Figur 3. Andel personer som väljer hissen beroende på våningsantal. Heyes, 2009

Enligt Heyes är det linjära förhållandet, som illustreras av en rät linje i bilden ovan, giltigt mellan fem och sextio våningar. Undersökningen antyder exempelvis att hälften av populationen är beredda att använda hissen på det 40:e våningsplanet.

Resultat från studier av utrymningar vid verkliga nödsituationer pekar i samma riktning; intervjuer med 158 utrymmande från torn 2 vid attacken mot World Trade center har visat att 11 procent av de intervjuade hade använt hissen hela vägen ner och att 26 procent hade använt hissen delvis under sin utrymning (Fahy, o.a., 2005). Av de 44 personer som använde hissen under någon del av sin utrymning befann sig 37 personer på 78:e våningen eller högre och 7 personer mellan 44:e och 78:e. Dessa data antyder att ju högre upp i huset personer befann sig, desto troligare att de valde att använda sig av hissar.

Vid en brand i 36 våningsbyggnaden Chicago Cook County Administration Building i USA 2003 tvingades samtliga 250 personer att utrymma (Proulx, o.a., 2004). En enkätundersökning, genomförd i syfte att ge bättre förståelse för det mänskliga beteendet vid utrymning, besvarades av 89 av dessa personer. Det framkom att hela 51 procent, alltså 45 personer försökte använda sig av hissar för att utrymma. Den procentuella fördelningen för byggnadens höjd illustreras i Figur 4.



Figur 4. Försök att använda hiss per våningshöjd. Proulx, o.a., 2004

Av diagrammen i bilden ovan antyds att en högre procentandel av de som befann sig högre upp i huset försökte använda sig av hissen för att utrymma. Dessa data är dock inte statistiskt säkerställda (Proulx, o.a., 2004).

2.9.3 Informationssystemets påverkan på beteende

Alla byggnader innehåller i dagens läge någon form av informationssystem, det kan vara till exempel interntelefoner, olika sorters skyltning, talade meddelanden eller ljussignaler. Informationssystem utgör därmed en del av vardagen för många personer. Anledningen till att det finns så många olika sorters system är att de fyller viktiga funktioner, exempelvis att varna individer, fånga deras uppmärksamhet och att ange regler.

I brandsammanhang är de i dagsläget vanligaste informationssystemen flerfunktionella, det vill säga innehåller flera informationskanaler. Detta innebär att samma information till exempel kan ges både via skyltning och talat meddelande. Vanliga delar av ett informationssystem som syftar till att varna vid brand är till exempel blixtljus, talat meddelande, ringklockor, utrymningsskyltar och uppmaningar från utbildad personal.

Eftersom utrymningshissar är ett relativt nytt koncept och därmed inte välkänt för allmänheten är behovet av information större än med konventionella lösningar. Detta innebär att mängden och relevansen av den information som ges blir avgörande för hur välanvänd en eventuell utrymningshiss blir i händelse av en olycka. Rekommendationer om vilken typ av information som bör finnas och hur den bör förmedlas redovisas i följande kapitel.

2.9.3.1 Information innan olyckan

Under följande rubriker ges en kort genomgång av vilken information som är viktig att tillhandahålla innan en brand eller annan nödsituation uppstår för att så bra förutsättningar som möjligt för användningen av en utrymningshiss ska finnas.

Utbildning

Eftersom hissar under många år har ansetts alltför opålitliga för att användas vid brand är allmänheten i dagsläget införstådda i att inte ta hissen ned vid utrymning. De problem som finns i dagsläget med att övertyga folk om att hissar kan användas vid brand är troligtvis möjliga att lösa med hjälp av utbildning. Exempel på vilken information som kan vara viktig att ta med ges nedan (Klote, o.a., 1992):

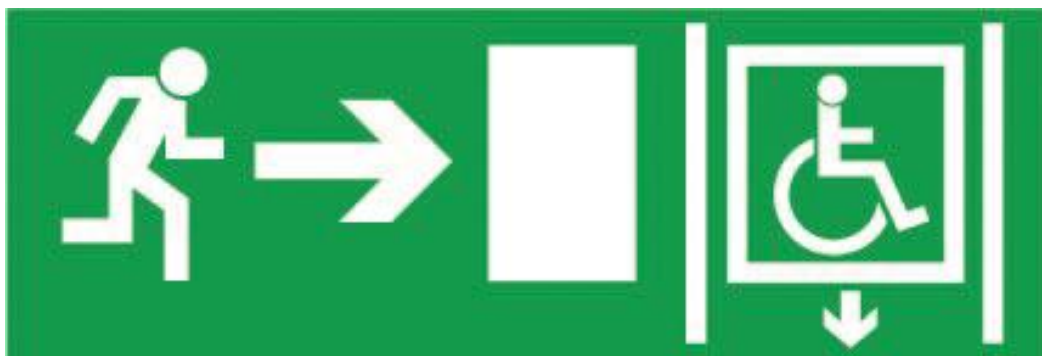
- Utbildningen bör ge en förklaring och diskutera varför de flesta byggnader i dagsläget inte tillåter utrymning med hiss men just deras byggnad gör det och vilka tekniska lösningar som möjliggör detta.
- Det bör framgå av utbildningen hur utrymningstiden skiljer sig för utrymning via hiss respektive trappa.
- En förklaring bör ges av att problematiken med trängsel i trapphus undviks vid utrymning via hiss.
- Praktisk information om hur systemet fungerar vid händelse av utrymning bör tillhandahållas. Med detta menas till exempel vilken prioritetsordning hissen följer, hur kommunikationssystemen fungerar och hur säkerställning att ingen lämnas efter görs.

Utrymningsövningar

En annan viktig del i att utbilda användarna i hur utrymningshissen fungerar är praktiska övningar, till exempel utrymningsövningar. Medvetenheten som dessa ger om hur utrymningshissen fungerar och hur långa väntetider som uppstår ökar troligtvis sannolikheten att människor ser hissen som en möjlig utrymningsväg (Klote, o.a., 1992).

Tydlig skyltning

På grund av att utrymningshissen är ett nytt fenomen bör skyltningen vara mycket lättförstådd och synligt placerad. För att öka medvetenheten om en utrymningssituation och uppmärksamma skyltningen för utrymmande har blinkande lampor visat sig ha god effekt vid utrymning via obekanta utrymningsvägar (Nilsson, 2009). Detta i kombination med en bra och informativ skyltning med enkla symboler innebär att även personer som talar ett annat språk eller har nedsatt hörsel kan ta till sig informationen om var utrymningshissen är och att den kan användas vid brand (Proulx, o.a., 2009). Ett förslag till skyltning för utrymning via hiss, framtaget av Arbetsmiljöverket, presenteras i Figur 5.



Figur 5. Utrymningsväg via säker hiss. (Arbetsmiljöverket)

2.9.3.2 Information under olyckan

Nedan ges exempel på vilken information som är viktig för att rätt beslut ska kunna tas efter att en brand eller annan nödsituation inträffat.

Instruktioner att lämna/stanna i byggnaden

Vid en brand eller olycka är det viktigt att utrymning startar så tidigt som möjligt. Klar och enhetlig information om att påbörja utrymningen är därför starkt prioriterad i nödsituationens initiala skede. Om utrymningshissar finns installerade bör det framgå att dessa kan användas vid en nödsituation. Vid WTC-attacken motsade till exempel meddelanden till personal i WTC2 varandra angående om utrymning skulle ske efter att det första tornet träffades, vilket kan orsaka förvirring och förlänga utrymningstiden (Averill, o.a., 2005).

Även vilken typ av utrymningslarm som används kan ge stor påverkan på hur lång tid det tar innan utrymningen startar. Ett informativt talat meddelande kan till exempel mer än halvera förberedelse tiden i de flesta fallen (Frantzich, 2000).

Information om situationen

Situationer som inträffat där massutrymning av byggnader har varit aktuell har tydligt visat på behovet av att informera människor om vad som hänt. Generellt sett är det vanligaste beteendet då något har inträffat att söka information. Vid WTC-attacken angav 81 procent av de överlevande från torn 1 att de, innan de startade utrymma, försökte ta reda på mer om vad som hänt (Averill, o.a., 2005). Människor är också nyfikna, vid en brand i Chicago Cook County Administration Building i USA reagerade många människor i närheten av branden med att gå och titta på medan den utvecklades, något som innebär en fara för deras säkerhet (Proulx, o.a., 2006).

Väntetider

En av anledningarna till att informationssystem kommer att vara viktigt i samband med användningen av utrymningshissar är den väntan på hissen som folk kommer att utsättas för. Människor tenderar i nödsituationer att välja det beteende som de uppfattar som säkrast för dem själva. Känslan av kontroll är också något som människor värdesätter högt vid utrymning. Sammantaget innebär detta att folk inte gärna står sysslösa och väntar på en hiss när något har hänt. Med hjälp av informationssystem kan man troligtvis öka villigheten att vänta, genom att med displayer redovisa väntetider för hissen och eventuellt också utrymningstider via trappor. Detta ger människor möjligheten att göra sitt eget val och därmed behålla känslan av kontroll (Heyes, 2009).

Kontinuerligt informationsflöde och tvåvägskommunikation för ökad känsla av kontroll

Känslan av kontroll kan stärkas även på andra vis än med informationsdisplayer. All relevant information som människor tar emot vid en nödsituation påverkar deras beslut och riktig information leder oftast till rätt beslut (Kuligowski, 2009). Att kontinuerligt förse människor med information om situationen och hur den utvecklas, till exempel via högtalarsystem och informationsskärmar, bidrar därmed till att göra utrymningen säkrare. Att tillföra de utrymnande egenkontroll via ett tvåvägs kommunikationssystem där de själva kan kontakta ansvarig personal och få instruktioner kan spela mycket stor roll och rekommenderas genomgående som en del av systemet (Bukowski, 2005).

2.9.4 Erfarenheter från tidigare situationer

I detta avsnitt presenteras exempel på hur folk har agerat i tidigare nödsituationer, med betoning på beteenden som kan påverka användningen av utrymningshissar.

2.9.4.1 Hiroshima Motomachi High rise Apartments Fire

1996 utbröt en brand i ett 20-våningars bostadshus i Hiroshima. De flesta i bostadshuset var äldre personer (72 % av de som medverkade i undersökningen utförd i efterhand) vilket innebär att en större

andel än normalt hade svårigheter med att röra sig i trappor. Förutsättningarna för utrymning var även ytterligare komplicerade på grund av det höga antal bränder som inträffat tidigare i byggnaden, 69 stycken varav tre med spridning till de övre våningarna (Sekizawa, o.a., 1999).

Branden startade på den nionde våningen och spred sig upp till den 20:e på cirka en halvtimme. Utrymningen startade inte omedelbart utan många av de boende väntade länge innan de började försöka ta sig ut ur byggnaden. Detta kan ha berott på svårigheterna som många hade med att gå i trappor kombinerat med de många tidigare larmen. 34 procent av de deltagande i undersökningen angav till exempel att de inte började utrymma förrän de blev uppmanade av andra och 29 procent av alla boende utrymde inte ner till marken utan höll sig kvar i byggnaden.

Detta fall är intressant då en stor andel av de utrymmande använde sig av hissen för att ta sig ned. Hela 47 procent anger att de utrymde via hiss och ytterligare 7 procent tog hjälp av hissen för delar av sin utrymning. De vanligaste anledningarna till att de gjorde detta val angavs i efterhand som ”för att de använder den dagligen” (44 %) och ”för att de trodde det var säkrast” (29 %) (Sekizawa, o.a., 1999).

2.9.4.2 MGM Grand Hotel Casino Fire

I Las Vegas utbröt 1980 en brand på MGM Grand Hotel and Casino, där 85 människor miste livet (Best, o.a., 1980). Den mest troliga brandorsaken var ett elfel på casinovåningen vilket gav upphov till en brand som spred sig snabbt eftersom byggnaden inte var helsprinklad och brandcellsindelningen bristfällig.

Vid branden blev det tydligt hur viktig ett välfungerande informationssystem är. Inga brandlarm eller ljussignaler aktiverades vilket föranledde att endast cirka hälften av hotellets gäster var medvetna om att det brann när räddningstjänsten anlände. Ett utropat meddelande hade gått ut över internsystemet men inte uppfattats av alla (Best, o.a., 1980).

På grund av den kraftiga rökutvecklingen och spridning av brandgaser till trapphusen sattes de utrymmande i en svår sits då flera utrymningsvägar var helt obrukbara och valmöjligheterna därmed minskades drastiskt. Av de som svarade i den undersökning som gjorts efter branden angav 37.2 procent att de försökte men inte lyckades ta sig ut och 19.3 procent att de redan från början valde att stanna på sina rum. Att dessa siffror var så höga kan bero både på att inget brandlarm aktiverades och hotfulla förhållanden uppstod i trapphusen. Av de 43.3 procent som lyckades utrymma angav den absolut största andelen (78.8%) att de utrymde via trappor, följt av ungefär lika stora delar (cirka 6 procent) som använde huvudentrén respektive helikoptertransport från taket. Endast en av de som svarade på enkäten efteråt angav att den använt hissen för att ta sig ut.

Den andel personer som tog sig ned med hissen var i verkligheten större, men dessa var då inte medvetna om att det brann i byggnaden. Tio av de 85 dödsfallen skedde i eller i anslutning till hissar (Best, o.a., 1980).

Under branden tog sig en del ganska utmärkande beteenden hos människor uttryck, troligtvis till stor del på grund av att så många blev instängda på sina rum eller de övre våningarna av förhållandena i byggnaden. Hela 45.8 procent av de tillfrågade angav att de krossat fönster, öppnat balkongdörrar eller liknande, trots att de egentligen inte varit medvetna om det skulle leda till en förbättring eller försämrning av deras situation. De personer som utrymde med helikopter via taket agerade på ett likande sätt, trots att övre delen av byggnaden bör ha varit mest riskabel att vistas i sökte de sig till taket och tvingade med våld upp en av takluckorna. (Best, o.a., 1980). Generellt visade det sig under branden att människor hellre än att inget göra väljer att agera.

2.9.4.3 World Trade Center 2001

På grund av omfattningen av attacken mot World Trade Center och den rigorösa utredningen som gjordes i efterhand utgör den troligtvis det bästa underlaget från en verklig händelse för att studera mänskligt beteende som finns i dagsläget.

Eftersom mycket av beteendet hos de som befann sig i World Trade Center den 11:e september var snarlikt oberoende av vilket torn de befann sig i behandlas endast beteendet hos de i torn 2 i detta stycke. Detta görs för att även kunna få med beteenden relaterade till användningen av hissar, då dessa slogs ut omedelbart i torn 1 (Averill, o.a., 2005).

Den större delen (81 %) av de som befann sig i torn 2 blev direkt efter att det första planet flugit in i torn 1 medvetna om att något hade inträffat (Averill, o.a., 2005). De flesta hörde eller såg något men en relativt stor andel (19 %) blev varnade av andra. Många av de som såg vad som hände eller blev varnade av kollegor insåg direkt allvaret i situationen och började utrymma trots att inget larm gått och inga instruktioner om utrymning hade getts. Bristen på information gjorde dock att vissa personer, trots att de sett vad som hänt, avvaktade för att få ett bättre grepp om läget. För att få bättre instruktioner om vad de förväntades göra började många i byggnaden höra av sig till säkerhetsansvariga och larmcentralen. Att folk hellre agerar än inte gör något visade sig här mycket tydligt. De som var osäkra på vad som skulle göras utförde diverse aktiviteter, som att ringa anhöriga, samla ihop personliga saker samt diskutera med kollegor och ansvariga på våningen om vad som borde göras innan de tog beslut om att utrymma. En stor andel (34 %) av de som utrymde rapporterade att de bistod andra som behövde assistans innan de påbörjade utrymningen (Averill, o.a., 2005).

2.10 Utrymningstider och personflöden

För att få en bättre förståelse för de faktorer som påverkar utrymningen av en byggnad kan tidigare bränder/nödsituationer studeras. Denna information samt resultat erhållna från beräkningar och simuleringar har lett till ett bättre kunskapsläge om människors beteende vid utrymning och ökat möjligheten att beräkna verklighetstroga utrymningstider.

Den data som finns tillgänglig från verkliga fall är till stor del knuten till den specifika byggnad som datan inhämtats ifrån. Resultat från experiment och beräkningar kan däremot ge information som ej kunnat tillgodogöras vid verkliga fall och erbjuder möjligheten att kunna användas för andra byggnader.

Ett antal verkliga fall, simuleringar och beräkningar, kopplade till hissutrymning, har studerats i syfte att klarlägga utrymningstider och personflöden.

2.10.1 Utrymningstid

Information om förberedelsetid samt om förflyttningstid är faktorer som är intressanta att studera för att få en uppfattning om hur utrymningstiden kan skilja mellan utrymning med hjälp av trappa jämfört med utrymning med hjälp av hiss. Utrymningstid definieras oftast som en summering av följande parametrar: varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. Varseblivningstiden försummas i detta kapitel då det inte gått att finna information om någon skillnad i denna mellan trapp- respektive hissnyttjare.

Förberedelsetiden är den tid det tar för en individ från att ha varseblivits om en fara till att personen fattat ett beslut och påbörjat utrymning. Förflyttningstid är den tid det tar för en individ från att ha påbörjat utrymning till att personen befinner sig i säkerhet.

Förflyttningstiden varierar naturligtvis mellan de två olika typerna av utrymningsväg medan det för förberedelsetiden i litteraturstudien inte framkommit någon känd variation kopplad till beslutet att välja trappan eller hissen.

2.10.2 Data från verkliga händelser

Vid ett antal bränder och nödsituationer i byggnader runtom i världen har intervjuer och enkätundersökningar i efterhand genomförts med utrymmande. Nedan presenteras data från några verkliga händelser, där tonvikten ligger på utrymningstider och personflöden.

2.10.2.1 World Trade center bombningen 1993

Den 26 februari 1993 exploderade en bomb i garaget under World Trade centers bägge tvillingtorn. Explosionen dödade sex arbetare och skadade 1041 personer, främst på grund av att trapphusen blev

rökfyllda (Fahy, 1995). Skador på byggnadernas strömtilförsel medförde även att merparten av de som befann sig i tornen fick utrymma i mörker. En enkätundersökning med 382 av de utrymmande från byggnaderna visade att 94 procent av de besvarande i torn 1 fick förflytta sig genom rök under utrymningen och motsvarande siffra för torn 2 var 70 procent. Av de som förflyttat sig genom rök uppgav hälften att de hade behövt röra sig genom rök under hela utrymningen. Inga hissar användes vid utrymningen utan enbart trappor. Händelsen behandlas främst för att illustrera utrymningstider för trapputrymning.

Förberedelsetid

För torn 1 var tiden mellan att folk blivit medvetna om att något inträffat fram till att de inledde sin utrymning i medel 15,3 minuter, med en mediantid på 10 minuter (Fahy, 1995).

Motsvarande tider för torn 2 var 34,7 minuter i medeltid, med en mediantid på 15 minuter.

Utrymningstid

Av de som befann sig i torn 2 uppgav över 70 procent av de som besvarade enkäten att de lämnade byggnaden inom en timme (Fahy, 1995). I torn 1 uppgav 40 procent att de lämnade byggnaden inom en timme och 52 procent att det tog dem mellan en och tre timmar att utrymma.

2.10.2.2 World Trade center attacken 2001

På morgonen den 11 september 2001 befann sig cirka 18 000 människor i World Trade centers bägge tvillingtorn. Ungefär 2000 av dessa personer omkom vid attacken eller av de förhållanden som uppstod i byggnaderna på grund av denna.

I undersökning, genomförd av bland andra NIST (Averill, o.a., 2005), med intervjuer av 400 personer som lyckades utrymma, har information och data om bland annat utrymningstider, flödes hastigheter och val av utrymningsvägar framkommit. Vissa delar av denna information har redan presenterats under andra rubriker i detta arbete, såsom procentuell andel hissanvändare beroende på vilken våningshöjd personerna befann sig på. Denna del ämnar sammanställa de kvantitativa resultat från undersökningen som anses vara relevanta för denna rapport.

Förberedelsetid

Denna tid definierades i undersökningen (Averill, o.a., 2005) som tiden från att en person blivit medveten om fara till att personen lämnat våningen och påbörjat evakuering. I genomsnitt påbörjade överlevande från torn 1 sin utrymning inom 6 minuter (Averill, o.a., 2005). Merparten av dessa inledde dock sin utrymning inom 1 minut och 50 procent av de överlevande hade lämnat sin våning inom 3-5 minuter. Ett fåtal individer tog längre tid på sig, i vissa fall upp mot 30 minuter vilket förskjutit genomsnittstiden uppåt.

I torn 2 påbörjade de överlevande sin utrymning i genomsnitt inom 6 minuter efter det att torn 1 träffats. Skillnaden mot torn 1 var den tidslucka på 16 minuter mellan attacken mot torn 1 och 2 som uppstod. Under denna tid tvingades populationen i torn 2 att fatta ett beslut om de skulle utrymma eller stanna kvar. Försvårande för detta beslut var även de olika rekommendationer som ropades ut i högtalarsystemet, först om att stanna på plats och några minuter senare om att inleda en utrymning. Över 90 procent av de överlevande från torn 2 hade dock inlett sin utrymning innan även detta torn träffades.

Också i denna byggnad var genomsnittstiden förskjutet uppåt på grund av att ett fåtal personer tog längre tid på sig (Averill, o.a., 2005).

Utrymningstider

Under utrymningen användes trappor, hissar eller en kombination av dessa. I torn 1 slogs trapporna ovanför plan 91 ut vid attacken, vilket föranledde att inga personer från plan 92 och uppåt hade möjlighet att utrymma. Trots att många personer använde sig av hiss för att utrymma, främst i torn 2, finns ingen specifik data tillgänglig för utrymningstid med hiss. I Tabell 2 nedan summeras totala utrymningstider för

torn 1. (Averill, o.a., 2005). Med anledning av att inte samtliga lyckades utrymma redovisas endast utrymningstider för när 25, 50 respektive 75 % av byggnadens population utrymt.

Tabell 2. Utrymningstider för överlevande från WTC1. (Averill, o.a., 2005)

	25 % evakuerade (min)	50 % evakuerade (min)	75 % evakuerade (min)	Genomsnitt (min)
Nedre planen (Källare-42)	16	27	42	29.0
Mellanplanen (43-76)	41	51	65	54.7
Övre planen (77-91)	60	71	77	70.3
Samtliga överlevande i WTC 1	25	41	58	41.9

Medeltiden för de utrymmande att färdas ner för ett våningsplan var cirka en minut (Averill, o.a., 2005). Av de överlevande från torn 1 som intervjuades använde sig 198 personer (98 %) enbart av trappor, 3 personer en kombination av hiss och trappor och en person använde sig enbart av hiss (Fahy, o.a, 2005, Averill, o.a 2005). Det bör noteras att merparten av hissarna slogs ut vid kollisionen och att branden tidigt spred sig till hisschaktet.

I torn 2 använde sig cirka 16 procent av de intervjuade en kombination av hissar och trappor för att utrymma. Ytterligare en andel, 11 procent, använde sig enbart av hiss. Efter attacken mot torn 2 var en trappa fortfarande intakt, även på de våningar som planet träffat, vilken kunde användas för utrymning från de övre planen. Ungefär 75 procent av de som befann sig över 78:e våningen, som var det understa påverkade planet, hade hunnit förflytta sig till något plan under detta innan byggnaden attackerades. Över 40 procent hade hunnit lämna byggnaden innan attacken (Averill, o.a., 2005). I Tabell 3 summeras utrymningstider för torn 2.

Tabell 3. Utrymningstider för överlevande från WTC2. (Averill, o.a., 2005)

	25 % evakuerade (min)	50 % evakuerade (min)	75 % evakuerade (min)	Genomsnitt (min)
Nedre planen (Källare-42)	10	15	21	17.6
Mellanplanen (43-76)	23	35	45	34.9
Övre planen (77-91)	11	23	36	25.5
Samtliga överlevande i WTC 1	13	21	35	25.0

2.10.2.3 Chicago Cook County Administration Building fire

Vid en brand i 36 våningsbyggnaden Chicago Cook County Administration Building i USA 2003 tvingades samtliga 250 personer att utrymma (Proulx, o.a., 2004). En genomförd enkätundersökning besvarades av 89 av dessa personer. (Proulx, o.a., 2004). Byggnaden hyste cirka 2000 personer normalt men då branden inträffade en fredagseftermiddag hade många redan avlägsnat sig.

Förberedelsetid

Av de som besvarade enkäten var 81 procent medvetna om hur lång tid det tog för dem att uppmärksamma faran och fatta ett beslut. I genomsnitt var förberedelsetiden 4.7 minuter, där den kortaste var 0 minuter och den längsta 30 minuter (Proulx, o.a., 2004).

Förflyttningstid

Totalt använde sig 51 procent av de som besvarade enkäten hiss för att utrymma ur byggnaden. Av de som använde trappan för att utrymma försökte 54 procent använda hiss.

I genomsnitt tog det 5.9 minuter för samtliga respondenter att utrymma till säkerhet. Den kortaste rapporterade tiden var 0 minuter för en person som befann sig på bottenvåningen och den längsta rapporterade tiden 25 minuter för en person som befann sig på 33:e våningen (Proulx, o.a., 2006).

För de som använde trappan för att utrymma låg förflyttningstiden för en majoritet (43 %) mellan 2 och 5 minuter för att ta sig till säkerhet. Genomsnittstiden för att färdas till det fria låg dock på 8.9 minuter, något som berodde på att ett litet antal personer behövde mer än 15 minuter på sig för att ta sig ner för trapporna.

Genomsnittlig utrymningstid till det fria, dels fördelat på olika våningsintervall och dels totalt kan ses i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Förflyttningstider med trappor. (Proulx, o.a., 2006)

Våningsantal	Markplan – plan 11	Plan 12 – plan 21	Plan 22 – plan 37	Genomsnitt
Tid (min)	5.8	8.2	15.0	8.9

Samtliga respondenter som utrymde under en minut, förutom personen på bottenvåningen, använde sig av hiss för att utrymma. Genomsnittlig förflyttningstid och genomsnittlig förflyttningstid fördelat på våningshöjd, för de som använde hissar vid utrymning, kan ses i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. förflyttningstid med hissar

Våningsantal	Markplan – plan 11	Plan 12 – plan 21	Plan 22 – plan 37	Genomsnitt
Förflyttningstid (min)	1.2	1.7	1.2	1.3

Från de översta planen färdades dock hissen utan stopp mellan plan 22 och bottenvåningen, något som kan ha inverkan på förflyttningstiden.

Utrymningstid

Utrymningstiden består, om varseblivningstid bortses ifrån av jämförelseskäl, av förberedelsetiden och förflyttningstiden. Den genomsnittliga utrymningstiden för samtliga respondenter kan ses i Tabell 6.

Tabell 6. Genomsnittlig utrymningstid beroende på utrymningsväg

Grupp	Samtliga	Trappanvändare	Hissanvändare
Genomsnittstid (min)	11.5	15.1	5.8

Tiden att färdas per våningsplan via trappa kan bestämmas till ungefär 15 sekunder per plan för en person i bra form om ingen trängsel eller negativa förhållanden har uppstått (Proulx, o.a., 2006). Detta överensstämmer rimligt med de tider som uppgavs av respondenterna som använde trapporna. På grund av den låga persondensiteten uppstod inga större problem kopplade till trängsel i trappan eller

counterflow. De korta utrymningstiderna via hiss är troligtvis ett resultat av det låga personantalet i byggnaden.

2.10.3 Sammanfattning verkliga händelser

Endast två händelser där både hiss och trappa använts som utrymningsväg har presenterats, en följd av att det varit svårt att finna relevanta fall. Bristen på dokumenterade verkliga händelser där människor har använt hiss som utrymningsväg är troligtvis kopplad till att hissen inte ska användas vid brand.

Utrymningen från World Trade center 1993 skedde enbart via trappor, många av dem rökfyllda. Intressant att notera är de långa utrymningstiderna som uppstår när en stor mängd människor utrymmer via ett fåtal rökfylld trappor.

Vid World Trade center attacken 2001 använde ett stort antal människor hissen men den enda hissrelaterade data som finns tillgänglig är endast hur stor andel som valde denna utrymningsväg. Detta är dock siffror som är intressanta att studera för att få en uppfattning om hur villiga människor är att använda hiss som utrymningsväg.

Av de fall som studerats ovan är branden i Chicago Cook County building mest intressant sett till utrymningstid med hiss. Intressant är återigen den stora andelen personer som valde att använda hissen som utrymningsväg.

2.10.4 Data från simuleringar och beräkningar

I detta kapitel behandlas beräkningar och simuleringar som tidigare gjorts på området.

2.10.4.1 General Service Administration buildings

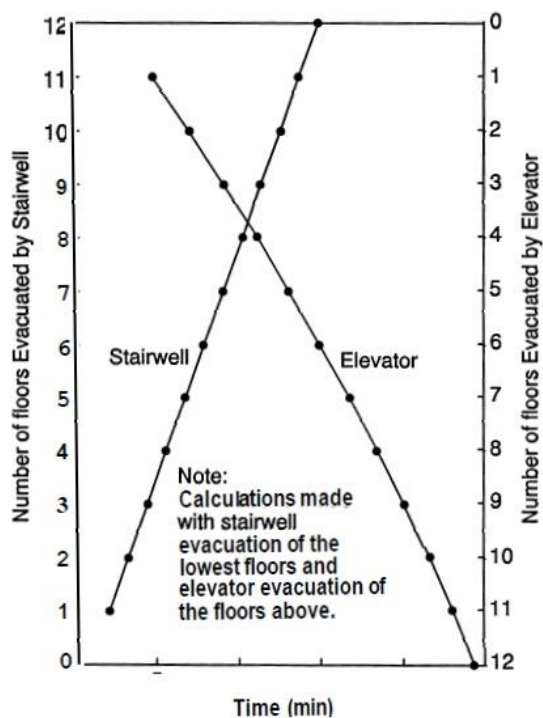
På grund av ett mycket stort intresse sponsrade under slutet av 80-talet U.S General Services Administration (GSA) ett projekt av NIST i syfte att utreda möjligheterna till användning av utrymningshissar i någon av fyra byggnader som verksamheten använde sig av (Klote, o.a., 1992).

Datorsimuleringar för utrymning med hiss och trappor genomfördes för byggnaderna som valts så att ett brett spektrum av byggnadshöjder, hisskapaciteter och arkitektoniska särdrag representerades. För att beräkna utrymningstiderna med hiss användes datorprogrammet ELVAC (Klote, o.a., 1992). Under simuleringarna varierades andelen personer som valde hiss, respektive trappa vid utrymningen.

Utrymningstiden för den optimala fördelningen redovisas i Tabell 7. Tabellen anger också byggnad, antal våningar, antal trappor och hissar, totalt antal människor samt evakueringstid med endast hissar respektive endast trappor.

Tabell 7. Sammanfattning av resultat från GSA-studie. (Kuligowski, 2003).

Byggnad	Våningsantal	Antal trappor/hissar	Antal människor	Utrymningstid med trappor	Utrymningstid med hissar	Optimal tid med båda
Hoffman	13	2/ 2 grupper om 5	3506	14.9 min	24.3 min	11.2 min
White Flint	18	2/ 1 grupp om 4	1425	14.3 min	28.6 min	12 min
Jackson	36	2/ 3 nivåer om 6	3021	23.1 min	16.5 min	12.8 min
GSA	7	6/ 6 grupper om 2	3621	7 min	17 min	6.3 min



Figur 6. Optimal utrymningstid vid användning av trappa och hiss i Hoffman-byggnaden (Klote, o.a., 1992)

De optimala resultaten erhöles då de nedre våningarna utrymde via trappor och de övre med hiss. Nedan beskrivs våningsuppdelningen (Klote, o.a., 1992):

I Hoffman-byggnaden erhöles den optimala utrymningstiden om våning 8 och nedåt utrymdes via trappor och våning 9-12 utrymdes via hiss. Detta illustreras i Figur 6, där skärningspunkten av de två kurvorna motsvarar den fördelning av trapp- respektive hissnyttjare då optimal utrymningstid erhöles.

I White Flint-byggnaden erhöles den optimala utrymningstiden om våning 15 och nedåt utrymdes via trappor och våning 16-18 utrymdes via hiss.

I Jackson-byggnaden erhöles den optimala utrymningstiden om 3 procent av populationen på våning 1-10 utrymde med hiss och 97 procent med trappor. Våning 11-14 utrymdes helt via hiss och 65 procent av våning 15-36 utrymdes via hiss medan 35 procent använde trappor (Klote, o.a., 1992).

2.10.4.2 Simuleringar av Bazjanac

Bazjanac var år 1977 bland de första att simulera utrymning av byggnader via hissar (Pauls, o.a., 1991). Simuleringarna gjordes för hela eller delar av kontorsbyggnader och andelen som utrymde via hissar varierades från att vara endast tre våningar i anslutning till branden till att gälla för hela byggnaden. Enligt de resultat som Bazjanac fick skulle vilken byggnad som helst kunna utrymmas med hissar på mindre än 30 minuter.

För att validera resultaten gjordes också en jämförelse med en verklig utrymning av en 22 våningar hög kontorsbyggnad i San Francisco. Vid branden skedde utrymningen via både trappor och hissar och totalt tog det över en halvtimme att utrymma byggnaden. Denna utrymningstid var avsevärt längre än den som gavs av Bazjanacs simuleringar, 8 minuter och 20 sekunder. Enligt Bazjanac berodde detta på skillnaden i effektivitet och ordning mellan simuleringarna och verkligheten (Pauls, o.a., 1991).

2.10.4.3 Simuleringar av Pauls

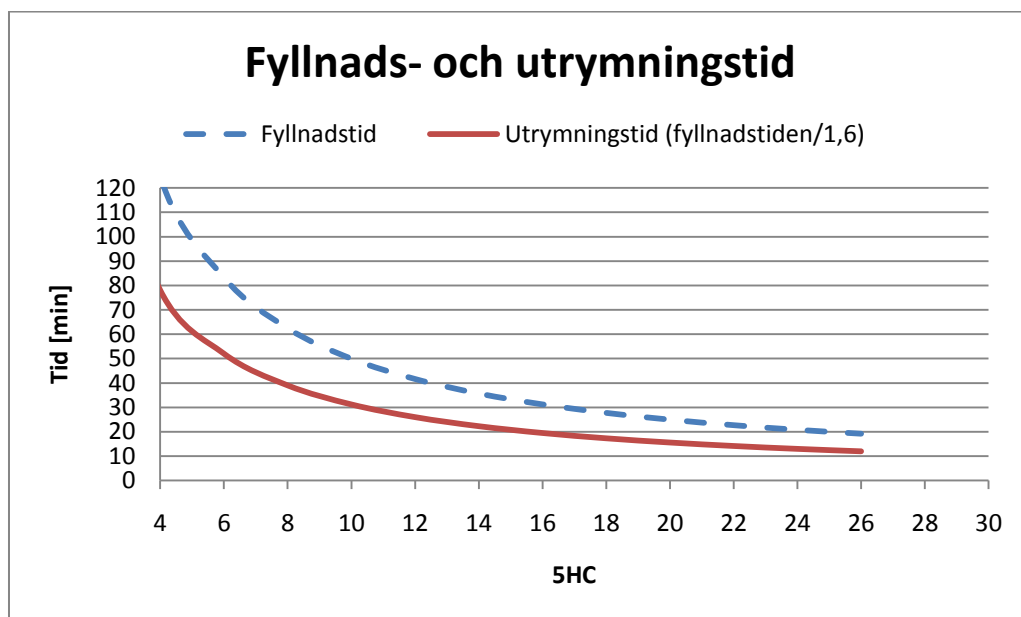
Under samma tidsperiod som Bazjanac utförde även Pauls utrymningssimuleringar där hissar användes (Pauls, 1977). Dessa simuleringar var inte lika rigorösa och utrymningsstrategin som utnyttjades skilde sig från den använd av Bazjanac. I Pauls simuleringar antogs alla som befann sig i byggnaden börja sin utrymning via trapporna och ta dessa ner till en skyhisshall där de sedan utrymde via hissarna. Skyhisshallen fanns belägna på våning 12, 22 och 32. Denna strategi användes för att simulera en massutrymning av en 41 våningar hög kontorsbyggnad med 4500 personer i (Pauls, 1977).

Byggnaden hade i simuleringarna två trappor och fyra hissar, där bruk av hissar endast var möjligt från en skylobby (Pauls, 1977). Resultaten från simuleringarna blev att hela byggnaden tog strax under 35 minuter att utrymma med hiss-strategien, jämfört med strax under 40 minuter med endast trappor. Pauls genomförde även simuleringar med andra strategier och kom då fram till att utrymningstiden med en kombination av trappor och hissar gick att sänka till under en halvtimme. Detta genom att en tredjedel av

personerna över tolfte våningen utrymde hela vägen med trappor och resterande använde hissarna (Pauls, o.a., 1991).

2.10.4.4 Simuleringar utförda av *The Council of Tall Buildings and Urban Habitats (CTBUH)*

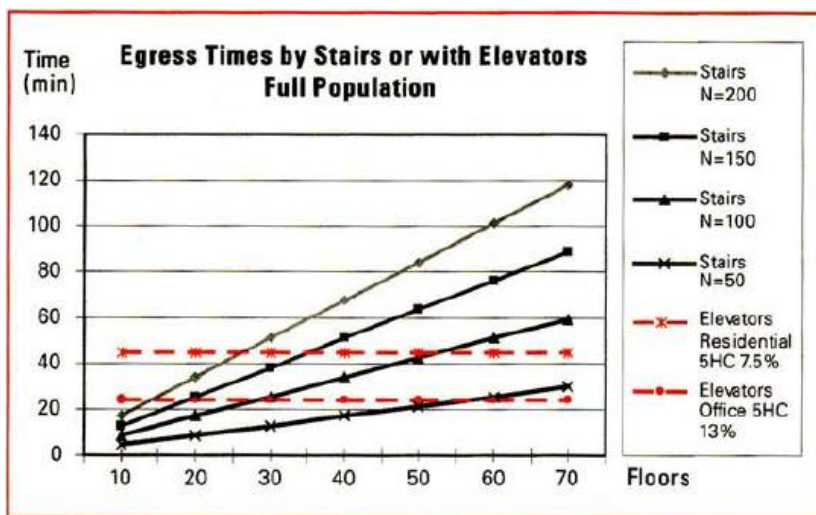
I sitt arbete med att försöka ta fram en guide för installationen av utrymningssystem baserade på hissar utförde CTBUH ett antal simuleringar för att undersöka personflöden och utrymningshastigheter (CTBUH, 2004). Rapporten beskriver en viktig parameter att ta hänsyn till planering av hissar som benämns 5HC. Denna parameter beskriver kapaciteten som hissarna har, i form av den procentandel av byggnadspopulationen som hissarna kan transportera från hisshall till deras respektive våningsplan inom ett tidsintervall av fem minuter. Parametern gäller generellt för fyllnadstiden och inte utrymningstiden för byggnaden eftersom att dessa kan skilja sig åt trots att samma mängd personer förflyttas. Utrymningstiden är ungefär 1.6 gånger kortare än fyllnadstiden (CTBUH, 2004). I Figur 7 visas utrymningstiden och fyllnadstiden som funktion av 5HC-värdet för hissystemet.



Figur 7. Fyllnads- och utrymningstid (CTBUH, 2004).

Eftersom detta värde relateras till en procentuell andel av de som befinner sig i byggnaden gäller det oavsett byggnadshöjd och storlek. Detta värde kan därför vara intressant att använda för att få en uppfattning om hur lång tid en byggnad skulle ta att utrymma sett till den byggnadens population och den hisskapacitet som finns tillgänglig.

I sin studie jämförde CTBUH kapaciteten för utrymning via hissar mot två trapphus. Byggnadshöjden varierades mellan 10 och 70 våningar och antalet individer på varje våningsplan mellan 50 och 200. Resultatet av jämförelsen kan ses i Figur 8.



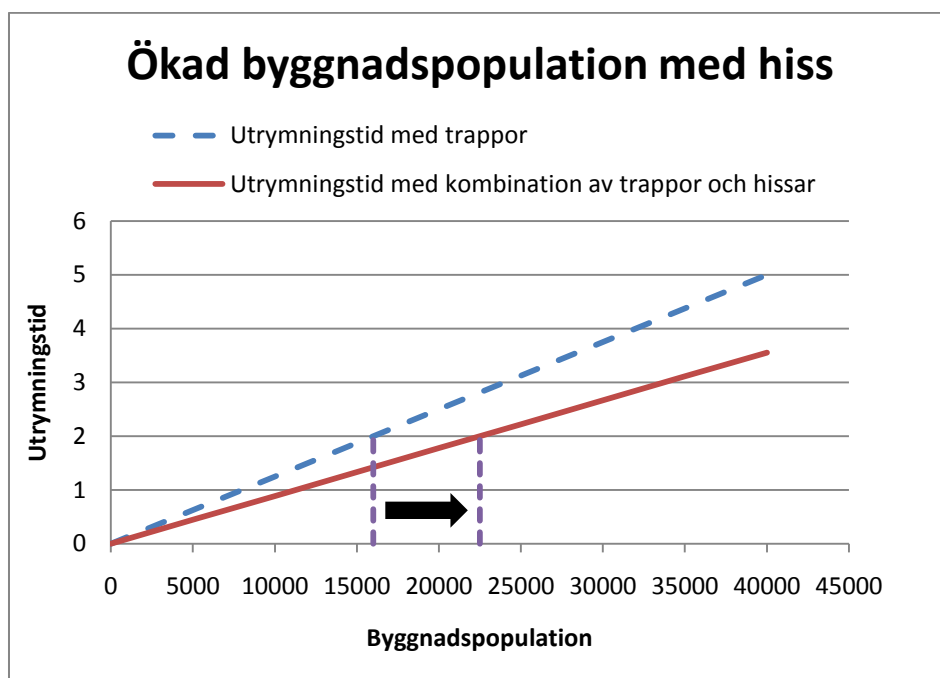
Figur 8. Utrymningstid med trappor eller hissar. (CTBUH, 2004)

Jämförelsen visar att utrymning med via hissar tar kortare tid än trappor över ett populationsberoende våningsantal. Med till exempel 100 personer per våningsplan (N= 100) blir utrymningstiden med hissar kortare för byggnader över 30 våningar jämfört med utrymning via trappor.

2.10.4.5 Beräkningar gjorda av Rolf Jensen and Associates Inc. (RJA)

Även enklare handberäkningar har genomförts för att jämföra kapaciteten vid utrymning med trappa mot den vid användning av hissar. RJA har använt sig av tidigare framtagna beräkningsmodeller för att jämföra utrymning via trappor med utrymning via en kombination av trappor och hissar (Vanney, o.a., 2009).

De använde sig i beräkningarna av en uppsättning av två trappor och fyra hissar där hissarna transporterade personer från mitten av byggnaden ner till bottenplan. Beräkningarna gjordes för två scenarier, ett med endast trapporna, och ett med både trappor och hissar. Bland annat kom de fram till att det maximala antalet personer som kunde utrymmas ur en byggnad på två timmar kunde ökas från 16000 till 22500 om även hissarna användes, se Figur 9.



Figur 9. Ökad byggnadspopulation med hiss (Vanney, o.a., 2009)

2.10.4.6 Simuleringar med utrymningssimulatorens EXODUS

Eftersom utrymningshissar blivit allt mer aktuella på senare år har även programvaran för beräkningar med dessa utvecklats. Med hjälp av datorprogrammet Exodus har en grupp från University of Greenwich i England genomfört ett antal utrymningssimuleringar i syfte att undersöka vilka tidsvinster som kan uppnås med hjälp av utrymningshiss. Simuleringarna har tillämpats för en hypotetisk byggnad med 50 våningar, 4 trapphus och en byggnadspopulation på 7840 personer (Kinsey, o.a., 2009). De genomförda scenarier som anses mest intressanta för denna rapport presenteras nedan.

I Tabell 8 jämförs utrymningstiden mellan att endast trapporna används och att endast ett visst antal hissar används för att utrymma. Den översta raden visar hur lång tid det tog att utrymma byggnaden med enbart trappor och övriga rader visar hur lång tid byggnaden tog att utrymma med endast hissar. Antalet hissar varierades dock för respektive scenario. Utrymningstiderna med hiss jämförs mot utrymningstiden med trappa och den procentuella tidsvinsten visas i kolumnen längst till höger. Ett negativt värde innebär att utrymning med hiss tar längre tid än utrymning med trappa.

Utrymningstiden är i dessa fall tiden tills den siste trapp- respektive hissnyttjaren utrymt ur byggnaden.

Tabell 8. Jämförelse utrymningstid mellan hiss och trappa. (Kinsey, o.a., 2009)

Antal hissar	Utrymningstid hiss (min)	Utrymningstid trappa (min)	Tidsvinst mot enbart trappa (%)
0	-	36.1	-
8	81.0	-	-125
16	43.1	-	-19.5
24	34.2	-	5.1
32	26.3	-	27.1

Utöver att variera antalet hissar genomfördes simuleringar där olika utrymningsstrategier tillämpades. Detta innebar att vissa delar av byggnadens population enbart använde hiss för att utrymma medan vissa enbart använde trappa. I samtliga dessa simuleringar fanns 32 stycken hissar tillgängliga och resultatet för de strategier som anses relevanta presenteras i Tabell 9. I ett av scenarierna utryms inte de övre planen till entréväningen utan till ett plan i mitten av huset. Därifrån fortsätter utrymningen via trappa. I kolumnen längst till höger visas den procentuella tidsvinsten jämfört med om hela byggnaden utryms med trappa.

Tabell 9. Jämförelse mellan tidsvinst för olika utrymningsstrategier. (Kinsey, o.a., 2009)

Plan utrymmande via hiss	Utrymningstid hiss (min)	Utrymningstid trappa (min)	Tidsvinst mot enbart trappa (%)
Inga (Enbart trappa)	-	36.1	-
25-49	16.2	18.1	49.9
25-49 (till mittenplan)	35.2	35.2	0.32
11-49	20.3	13.0	43.8

Resultatet av simuleringarna visar att det behövs ett stort antal hissar för att utrymma hela byggnaden inom samma tid som om enbart trappa används. Först när 24 hissar använts erhålls en kortare utrymningstid. Då utrymningsstrategien ändras till att enbart de övre planen av byggnaden använder hiss erhålls dock stora tidsvinster. I det första scenariot i Tabell 9 ovan erhöles en halvering av utrymningstiden jämfört med om enbart trappa använts. I nästa scenario utrymde de övre delarna via hiss till ett plan i mitten av huset varifrån de fortsatte via trappa till bottenvåningen. Den totala utrymningstiden minskade inte mycket jämfört med om enbart trappa hade använts, men tiden för att utrymma de övre delarna blev

för detta scenario endast 12.2 minuter, en kraftig minskning av de 20.9 minuter det tar att utrymma dessa via trappor.

2.10.5 Sammanfattning simuleringar och beräkningar

Många av de utrymningstider och beräkningar som gjorts är endast gällande för just den specifika byggnad som har studerats. Antalet hissar, trappor, val av utrymningsstrategi och beräkningsmetod eller programvara varierar mellan de olika studerade fallen vilket försvårar möjligheterna att jämföra resultaten. Vissa av beräkningsmetoderna som använts kan överföras till att beräkna utrymning via hissar från andra byggnader, till exempel den använd av CTBUH (CTBUH, 2004) eftersom den grundar sig på procentuella kapacitetsvärden som relaterar till antalet personer i byggnaden istället för att använda sig av specifika fall. Generella trender för simuleringarna och beräkningarna kan ses, till exempel att en eventuell vinst i utrymningstid med hissar jämfört med trappor ökar med byggnadens höjd och att den snabbaste utrymningsstrategin ofta är att använda sig av både hissar och trappor istället för bara ett av alternativen.

2.10.6 Analys av utrymningstider och personflöden

De verkliga fall som studerades visar på att det finns en relativt stor andel personer som är beredda att använda hissen vid en nödsituation. Data från branden i Chicago Cook County building visade på att det i genomsnitt tog cirka 15.1 minuter för att utrymma via trappan men endast 5.8 minuter i genomsnitt via hiss. Dessa värden är svåra att dra några slutsatser ifrån då de beror på en mängd situationsspecifika faktorer, till exempel antal personer i byggnaden och våningsantal. Samma resonemang gäller även för de utrymningstider som presenterats för World Trade center. Just utrymningstidens starka anknytning till dessa specifika byggnader minskar dess förutsättningar för att appliceras för andra fall. Vad som däremot är väldigt intressant är förberedelsestiderna. Som presenterats i avsnitt 2.10.4 finns det gott om data på hur lång tid det kan ta att transportera en viss mängd människor ned för ett antal våningar, förvisso även detta knyter till en mängd olika faktorer. Förberedelsestider är dock information som inte går att erhålla med hjälp av simuleringar men som ändå är viktigt att inkludera för att kunna beräkna verklighetstroga utrymningstider. Både World Trade center och Chicago Cook County building är kontorhus varför dessa förberedelsestider främst får anses vara giltiga för sådan verksamhet. Vid användning av denna data bör den viktiga kopplingen mellan informationssystem och förberedelsestiden beaktas.

Resultaten från de olika simuleringarna och experimenten som presenterats illustrerar utrymningstider för en mängd olika scenarion och byggnader. Det är dock svårt att jämföra olika simuleringar med varandra beroende på skillnader i försöksuppställningar och metodik. Några intressanta slutsatser kan dock dras; GSA-simuleringarna visar att en optimal utrymningstid erhålls då populationen fördelas så att de undre våningarna använder sig av trappan och i ett fall, för den högsta byggnaden, då de undre använder trappan och en viss andel av de övre våningarna använder hissen. Variationer av andelen som tar hissen respektive trappan kan alltså ge kortare utrymningstider, något som även Pauls upptäckte i sina simuleringar. Bazjanacs simuleringar visar att resultaten kan bli missvisande om inte faktorer kopplade till mänskligt beteende beaktas.

Simuleringar utförda av en grupp från University of Greenwich visar att utrymningshissar kan sänka utrymningstiden betydligt, speciellt om utrymningsstrategin utgår från en lösning där både hiss och trappa kombineras. Inga av de resultat som återgavs i deras rapport var dock baserade på beräkningar där andelen hiss- respektive trappanvändare varierades inom ett våningsplan.

2.11 Sammanfattning av litteraturstudie

Litteraturstudien har identifierat vilka problem som är kopplade till användning av utrymningshissar i byggnader och, i ett antal fall, presenterat lösningar för dessa problem. Studien har även konstaterat ett framtida behov av denna utrymningslösning då höga byggnader behöver kunna utrymmas inom en tillfredställande tid, både vid massutrymning och fasvis utrymning. Även rörelsehindrade personer behöver ges möjlighet att utrymma utan assistans. Än så länge är det bara de brittiska och amerikanska

byggreglerna som inkluderar hiss som en möjlig utrymningsväg men i byggnader i ett flertal länder finns analytiskt dimensionerade utrymningshissar installerade.

Den problematik som identifierats kan grovt delas upp i tekniska problem respektive problem kopplade till mänskligt beteende. De tekniska problemen har varit hur personer skall skyddas innan och under hisstransporten och hur hissens driftsäkerhet skall kunna garanteras. Ett antal lösningar på detta har presenterats, bland annat genom trycksättning av hissens hisshall och sluttande golv vid hissen för att undvika vatteninträning.

Det har framkommit att de som väntar i hisshallen kan uppleva oro, speciellt vid längre väntetider. De lösningar som identifierats i denna fråga är avsedda att förse information till de väntande och innefattar dels verktyg för att kommunicera med räddningspersonal, men också verktyg som direkt förmedlar information om väntetid på hissen. De senare frågorna är delvis kopplade till problematiken kring det mänskliga beteendet och det viktiga i denna fråga är att förse personer med tillräcklig och adekvat information, både före och under en nödsituation. Erfarenheter från både studier och tidigare nödsituationer har visat att om personer förses med rätt information så ökar chanserna att de fattar rätt beslut.

Ett antal utrymningsstudier har behandlats. De enkätstudier som genomförts efter verkliga nödsituationer gav intressant information om Förberedelsetider, men även information om hur stor andel som valde hissen som utrymningsväg. Studier genomförda med hjälp av simuleringar och beräkningar har resulterat i data om utrymningstider för olika scenarion och byggnadstyper. I en del av dessa studier har även andelen som utrymmer via trappa respektive hiss varierats för att uppnå en optimal utrymningstid.

Litteraturstudien har resulterat i att ett antal dimensionerande faktorer identifierats, varav de flesta är byggnadstekniskt relaterade. Även frågor kopplade till mänskligt beteende är dock nödvändiga att beakta för att en fullständig bild av problematiken skall erhållas.

2.11.1 Dimensionerande faktorer

För att kunna bestämma utrymningstiden för en byggnad behöver en mängd olika faktorer beaktas. Med dimensionerande menas sådana faktorer som har inverkan på utrymningstiden. Somliga faktorer är kopplade till byggnadens utformning medan andra är kopplade till vilken verksamhet byggnaden används till. De punkter rörande byggnadens utformning som framkommit i föregående kapitel är bland annat:

- Antalet våningar.
- Byggnadens population.
- Antal hissar/trappor.
- Hissystemets kapacitet, till exempel 5HC-värde.

I litteraturstudien har även andra faktorer identifierats, somliga betydelsefulla för att en verklighetstrogen utrymningstid skall vara möjlig att beräkna. Däribland följande:

- Påverkan av counterflow.
- Påverkan av rörelsehindrade, äldre och andra med nedsatt gånghastighet.
- Utrymningsordningen.
- Procentuell fördelning mellan utrymmande via hissar respektive trappor.

Utöver dessa punkter tillkommer även problematik kopplad till det mänskliga beteendet. Att detta kan få stor påverkan observerades inte minst vid Bazjanacs simuleringar.

2.11.2 Litteraturstudien i relation till frågeställningar

Litteraturstudien genomfördes i syfte att klarlägga vilken kunskapsnivå som finns i dagsläget om utrymningshissar samt att besvara de frågeställningar som formulerades i rapportens inledning. Om litteraturstudien lyckats besvara dessa frågeställningar utreds nedan.

- **Hur skiljer sig utrymningskapaciteten vid utrymning med trappa jämfört med utrymningshiss?**

En eventuell tidsvinst då hiss används som utrymningsväg är relaterad till byggnadens höjd. Detta innebär att ju högre byggnaden är desto mer tid går att tjäna. Detta illustreras i Figur 8 där ett 25 våningshus med 100 personer på varje plan går lika fort att utrymma med trappor som med hissar. Men då antalet våningar ökar är det mer fördelaktigt att utrymma via hissar. Detta exempel ger en fingervisning om fördelen med att använda utrymningshissar i höga byggnader. Över vilket våningsplan som hissar ger fördel gentemot trappor tidsmässigt är beroende av antal personer i byggnaden, antal trappor respektive hissar och byggnadens specifika utformning. I verkligheten kommer en kombination av dessa utrymningsvägar troligtvis att användas. I de simuleringar som genomförts av bland annat Klote erhöles den optimala utrymningstiden om främst de översta våningarna utrymde via utrymningshiss.

En fördel med utrymningshissar är att rörelsehindrade och personer med nedsatt fysik inte behöver använda sig av trapporna. Detta minskar risken för att gånghastigheten, och därmed utrymningskapaciteten i trapporna sänks.

- **Vilket personflöde kan uppnås med utrymningshiss och vilka faktorer är avgörande?**

Som nämnts i föregående punkt är personflödet beroende av antalet hissar och kapaciteten på dessa. Ett specifikt personflöde i form av till exempel antal utrymmande per minut har därmed inte kunnat fastställas genom litteraturstudien. Flödet av personer i hissar kan dock till viss del beskrivas med kapacitetsvärden, till exempel i form av 5HC-värdet för hisssystemet. Detta värde varierar för olika system och byggnadstyper men kan användas för att få ett ungefärligt värde på utrymningstiden via utrymningshiss.

Förutom hissarnas kapacitet påverkar ett antal andra faktorer vilket personflöde som kan uppnås med utrymningshissar. Till att börja med måste människor övertygas om att hissen är säker att använda för utrymning och se denna som ett alternativ till trappor. Litteraturen ger ett antal olika argument för att detta är möjligt, bland annat att personer vid ett flertal tillfällen använt hissar för att utrymma trots att dessa inte var avsedda som utrymningsväg. Hissar utgör det huvudsakliga transportmedlet inom höga byggnader vilket gör dem till en välbekant väg ut ur byggnader.

För att tydliggöra att hissen kan användas vid en nödsituation är informativ skyltning, talade meddelanden och utbildad personal viktiga redskap. Utformningen av dessa system kan påverka hur stor andel som kommer att använda sig av hissen för utrymma.

Det kan också förväntas att personer som befinner sig högt upp i en hög byggnad är mer benägna att använda hissen än de som befinner sig längre ner.

- **Kan utrymningshissar lösa den problematik som finns idag med utrymning för rörelsehindrade personer?**

Rörelsehindrade har idag stor tillgänglighet till nästan alla byggnader och delar av samhället, delvis på grund av lagstiftning i frågan. I högre byggnader är hissen den enda vertikala transportvägen för personer med nedsatt rörelseförmåga. Detta innebär att den enda möjligheten att själva utrymma till det fria för dessa individer försvinner när hissarna tas ur funktion. I Storbritannien har denna problematik försökt lösas med att lagstifta om att byggnader med en höjd överstigande 18 meter skall förses med brandbekämpningshissar, vilka kan användas av rörelsehindrade för utrymning innan räddningstjänsten

anländer till platsen. Ett liknande koncept där personer med nedsatt rörelseförmåga själva kan utrymma med utrymningshissar skulle kunna användas i alla byggnader. Så länge lösningen kan göras säker och tillämpas så att rörelsehindrade ges företräde, utgör utrymningshissar en lösning på den problematik som är kopplad till utrymningen för dessa individer.

- **Kan utrymningshiss ersätta en trappa och ändå utgöra en lika säker lösning som utrymning via endast trappor?**

Den data som finns tillgänglig är inte tillräcklig för att besvara frågeställningen. Framst saknas data för det fall då en eller flera trappor ersätts med utrymningshiss och konsekvenserna av en sådan lösning. De simuleringar, vars resultat presenterats i rapporten, behandlar främst fall där antingen endast hiss respektive trappa används, eller fall där hissen används utöver trapporna och inte som en ersättningslösning.

- **Hur skulle ett eventuellt tillägg till nuvarande lagstiftning gällande utrymningshissar kunna utformas?**

En rekommendation om hur en lösning där utrymningshiss används bör utformas så att alla relevanta delar täcks in. Detta innebär att både beteendemässiga och tekniska aspekter bör beaktas för att lösningen skall uppfylla dess tänkta funktion.

Utgångspunkt skulle kunna ske från den brittiska standarden BS9999 men revideras och anpassas till svenska förhållanden. Vissa tekniska råd och lösningar kan också hämtas från den svenska standarden för brandbekämpningshissar EN 81-72.

2.11.3 Behov av ytterligare information för att besvara frågeställningarna

Den information som framkommit i litteraturstudien har i vissa fall varit otillräcklig. I detta avsnitt utreds vilken ytterligare kunskap som är nödvändig för att kunna besvara frågeställningarna och hur denna kunskap skulle kunna erhållas.

- **Hur skiljer sig utrymningskapaciteten vid utrymning med trappa jämfört med utrymningshiss?**

Trots att inga tydliga kvantitativa resultat i denna fråga har framkommit i litteraturstudien kan den anses vara besvarad. Skillnaden i kapacitet är främst beroende av hur hiss och trapphus har utformats och är därmed beroende av byggnadens utformning. Vid vilken höjd utrymningen går snabbare med hissar skiljer sig från fall till fall men generellt gäller att en eventuell tidsvinst med hissar ökar med byggnadens höjd.

- **Vilket personflöde kan uppnås med utrymningshiss och vilka faktorer är avgörande?**

Personflödet är beroende av bland annat byggnadens utformning, personantal och antalet utrymningsvägar. Eftersom inga generella värden på personflöden framkommit i litteraturstudien anses inte frågan vara besvarad. De faktorer som anses vara nödvändiga för att kunna besvara frågeställningen har dock framkommit och kan användas för en vidare utredning. För att få en uppfattning om vilka personflöden som kan förväntas i de byggnader där utrymningshissar kan bli aktuella kan typfall av dessa byggnader tas fram och utrymningssimuleringar genomföras.

- **Kan utrymningshissar lösa den problematik som finns idag med utrymning för rörelsehindrade personer?**

Den information som getts av litteraturstudien anses tillräcklig för att besvara denna frågeställning.

- **Kan utrymningshiss kombineras med trappa och ändå utgöra en lika säker lösning som utrymning via endast trappor?**

För att kunna jämföra en lösning där utrymningshiss ersätter trappa behövs ytterligare information. Resultat som behövs för att kunna besvara frågeställningen är data från fall där trappa ersätts med utrymningshiss och den inverkan detta får på utrymningstiden. Denna information kan erhållas genom ytterligare simuleringar.

- **Hur skulle ett eventuellt tillägg till nuvarande lagstiftning gällande utrymningshissar kunna utformas?**

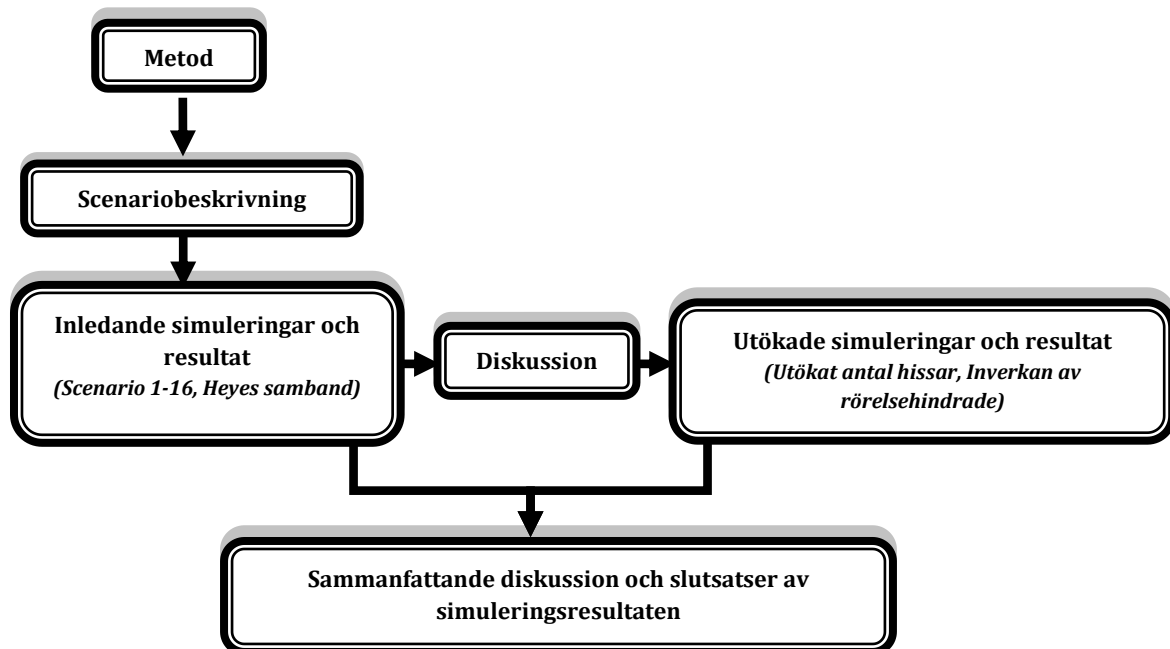
Eftersom ett eventuellt tillägg bland annat grundar sig på information från svaren på de övriga frågeställningar och alla dessa ännu inte är besvarade behövs ytterligare information för att kunna ge ett heltäckande svar på frågan. För att inhämta denna information kommer datorsimuleringar för ett antal scenarier att genomföras.

3 Simuleringar

För att besvara de frågeställningar som kvarstår efter litteraturstudien kommer simuleringar att utföras. Dessa är främst avsedda att undersöka eventuella skillnader i kapacitet mellan en utrymningslösning med enbart trappor med en där en av trapporna ersatts av en utrymningshiss. I litteraturstudien identifierades ett antal dimensionerande faktorer som har inverkan på utrymningstiden. Dessa har beaktats vid simuleringarna i metoden som beskrivs nedan.

Simuleringskapitlet är uppdelat i flera delar. Först beskrivs den metod som använts och därefter ges en presentation av scenarierna och en motivering till varför dessa valts. Därefter genomförs inledande simuleringar vilka följs av en diskussion om behovet av ytterligare simuleringar. I de inledande simuleringarna behandlas, förutom skillnader i kapacitet mellan hissar och trappor, även påverkan av en varierande andel hissanvändare beroende på våningsplan i form av Heyes samband.

I efterföljande del genomförs utökade simuleringar med ökat antal hissar och där inverkan av rörelsehindrade beaktas. Slutligen följer en sammanfattande diskussion utifrån resultaten från samtliga simuleringar.



3.1 Metod

Metoden som beskrivs i detta kapitel har tagits fram i syfte att erhålla den data som behövs för att kunna ge ett svar på de kvarstående frågeställningarna. Författarna har även strävat efter att göra arbetsmetodiken och resultaten användbara i andra situationer och möjliga att anpassa till varierande förutsättningar.

3.1.1 Val av simuleringsprogram

De program som har använts i simuleringarna är SIMULEX och ELVAC där det förstnämnda använts vid förflyttningar i trappor och på våningsplan medan ELVAC är en ren hissimulator. En närmare beskrivning av programmen kan ses i Bilaga B och Bilaga C. I simuleringarna beräknas endast förflyttningstiden. Inverkan av förberedelsestid behandlas i avsnitt 3.6.5.

3.1.2 Utformning av referensbyggnad

De referensbyggnader som utrymningarna simuleras i utformas med hänsyn till att de resultat som erhålls skall vara tillämpbara för så många fall som möjligt. För att åstadkomma detta utformas referensbyggnadens våningar med en relativt enkel planlösning. Förhoppningen är att detta förenklar möjligheten att tillämpa resultaten även för andra byggnader, med större och mer komplexa våningsplan.

I dagsläget nyttjas de flesta byggnader där utrymningshiss tillämpas som en del av utrymningslösningen av hotell- eller kontorsverksamhet. Simuleringar kommer att utföras för bägge dessa verksamheter och den huvudsakliga skillnaden blir ett förändrat personantal. Diskussioner förs sedan i avsnitt 3.6.2 över möjligheten att tillämpa resultaten för bostadshus.

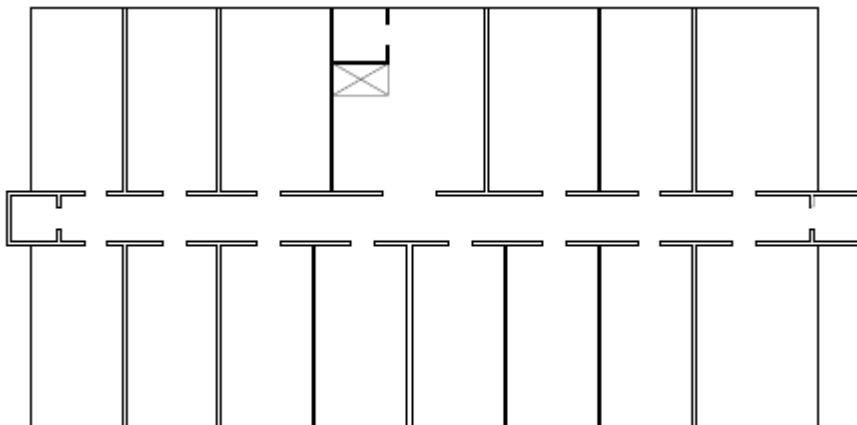
3.1.2.1 Byggnadshöjd

Litteraturstudien har identifierat att flest fördelar med utrymningshissar erhålls vid användning i höga byggnader. Syftet med dessa simuleringar är dock inte att finna någon optimal utrymningstid utan att studera om säker utrymning fortfarande är möjlig då trappa ersätts med hiss. För att kunna besvara frågeställningarna och erhålla resultat som är tillämpbara för en variation av byggnader kommer simuleringar att genomföras för fyra olika våningshöjder.

Ett av fallen blir en byggnad med 60 våningsplan. Detta kan anses måttligt ur ett internationellt perspektiv men är att betrakta som en hög byggnad enligt svenska mått. De övriga fallen är mer normalt förekommande byggnadshöjder för kontors- och hotellverksamhet i Sverige; 8, 12 respektive 20 våningar. I utformandet antas att avståndet från golv till golv mellan två våningar är 2.9 meter, oavsett våningsplan och verksamhet.

3.1.2.2 Våningsplanens storlek

Eftersom syftet är att studera vilka skillnader som uppstår då en trappa ersätts av en utrymningshiss väljs ett våningsplan med en sådan storlek att inte fler än två utrymningsvägar är nödvändigt. Detta anses tillräckligt för att besvara frågeställningarna. I simuleringarna används samma våningsutformning för både kontors- och hotellverksamhet, där våningens totala area är 472 m². Den våningsutformning som används illustreras i Figur 10.



Figur 10. Våningsutformning.

3.1.3 Byggnadspopulation

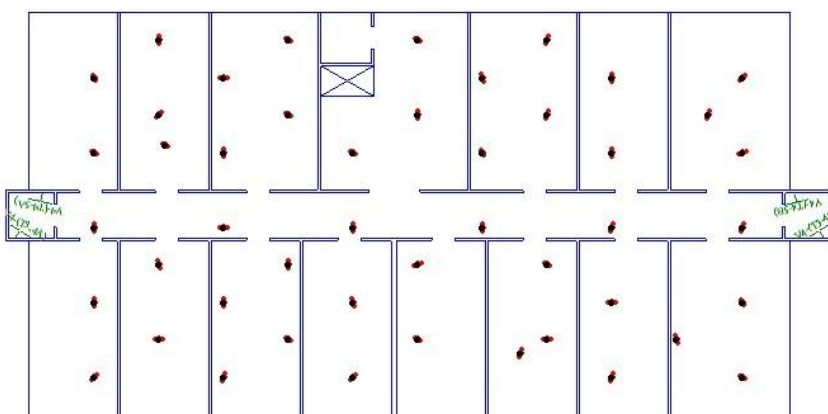
För att bestämma byggnadspopulationen och antalet personer på varje våning har ett standardvärde för personer per kvadratmeter inhämtas för kontorsverksamhet. Våningsplanets yta påverkar därmed hur många personer som kommer att befinna sig i byggnaden. Enligt Bengtsson, o.a, (2005) är ett värde på 0.1 personer per kvadratmeter representativt, vilket multipliceras med våningens totala area.

För hotellverksamhet antas två personer per hotellrum vara en rimlig approximation av verkligheten. Därutöver tillkommer två personer per våningsplan för att ta hänsyn till eventuell personal. Inverkan av byggnadspopulationens storlek och sammansättning diskuteras i avsnitt 3.6.6. I Tabell 10 visas antalet personer per våning beroende på verksamhet.

Tabell 10. Personer per våningsplan beroende på verksamhet.

Verksamhet	Personantal per våning
Kontor	47
Hotell	30

I alla scenarier antas populationen vara jämnt utspridd över våningsplanen. I Figur 11 visas ett exempel på populationens spridning. Placeringarna varierar dock något mellan olika våningar och simuleringar.



Figur 11. Population på våningsplan

3.1.4 Andel hiss/trapp användare

Vilken andel som väljer hissen- respektive trappan kommer att få påverkan på den totala utrymningstiden. Dels sett till transporttiden, men också sett till mänskligt beteende och dimensionering av hisslobby. Om en stor andel personer väntas ta hissen behöver lobby dimensioneras så att inte trängsel uppstår. Litteraturstudien har identifierat att cirka 8 procent av befolkningen kan behöva assistans ned för trappor vid en utrymning (Bengtsson, 1997) och det kan förväntas att denna andel, vid tillräcklig information och utbildning, skulle välja hiss om det var en tillgänglig utrymningsväg. Litteraturstudien har identifierat att även personer utan rörelsehinder kan komma att använda sig av utrymningshissar och att detta antal personer ökar med byggnadens våningshöjd (Heyes, 2009). Detta skulle innebära att andelen personer som tar hissen varierar för olika våningar och att största andelen hiss användare kommer att befinna sig högst upp i byggnaden.

För att ta hänsyn till de skillnader i val av utrymningsväg som kan uppstå vid utrymning kommer andelen trapp- respektive hissnyttjare att varieras i fallet där utrymningsvägarna består av en trappa och en hiss. Simuleringar kommer att genomföras för att en varierande andel mellan 0 % och 100 % använder hiss respektive trappa. Med denna metodik kan tidsskillnaden, beroende av andel som väljer respektive utrymningsväg, åskådliggöras för de respektive fallen. Som nämnts ovan kan det förväntas att andelen hissnyttjare ökar med byggnadshöjden. Detta beaktas genom att simuleringar genomförs för ett antal scenarier utifrån det samband, framtaget av Emma Heyes (Heyes, 2009), som beskriver hur stor andel per våning som förväntas ta hissen.

3.1.5 Utrymningsordningen

Den utrymningsordning som föreslagits i litteraturstudien är att först evakuera brandplanet och därefter två våningar ovanför och två våningar nedanför brandplanet. Brandens placering i byggnaden kommer därför att påverka ordningen som byggnaden utryms i. I simuleringarna tas ingen hänsyn till detta utan samtliga plan utrymmer simultant via trapporna. Utrymningen via hissarna sker till att börja med från det översta planet i byggnaden och därefter succesivt nedåt. Vilken påverkan detta får på utrymningstiden analyseras kvalitativt i avsnitt 3.6.3.

I samtliga scenarier som simuleras beaktas endast massutrymning. Fasvis utrymning kommer troligtvis vara vanligare vid verkliga situationer men simuleringar av detta anses inte kunna ge några heltäckande resultat. Däremot kan resultat från massutrymningssimuleringar användas för att dra slutsatser om utrymningstid vid fasvis utrymning. En kvalitativ diskussion om fasvis utrymning förs i avsnitt 3.6.3.

3.1.6 Påverkan av counterflow

Påverkan av counterflow kan inverka på utrymningstiden både för hiss- och trappnyttjare, beroende på vilken taktik räddningstjänsten väljer. Inverkan av detta diskuteras kvalitativt i avsnitt 3.6.8.

3.1.7 Personer med nedsatt rörelseförmåga

I litteraturstudien identifierades att en ökande andel av populationen har svårigheter med att gå i trappor och att en liten andel människor inte kan använda trappor överhuvudtaget utan assistans (Bukowski, 2007). Personer med nedsatt rörelseförmåga kommer främst att påverka utrymningstiden då utrymning sker via trappor. För att beakta detta kommer simuleringar utföras för ett scenario med två trapphus där gånghastigheten sänks för en varierande andel personer. Tre olika andelar rörelsehindrade kommer att simuleras; en procent, fem procent och cirka åtta procent.

Åtta procent har valts utgående från litteraturstudien, (Bengtsson, 1997), medan en och fem procent har valts för att undersöka effekten av en varierande andel. Var någonstans i byggnaden dessa personer befinner sig då utrymningen initieras kommer att ge konsekvenser för den totala utrymningstiden. I avsnitt 3.6.7 diskuteras påverkan av rörelsehindrade på utrymningstiden kvalitativt.

3.1.8 Utrymningsvägar

Antalet utrymningsvägar och deras placering kommer att inverka på den totala utrymningstiden. För den våningsutformning som används för simuleringarna anses två stycken utrymningsvägar vara tillräckligt för att kunna ge resultat som kan bidra till att besvara frågeställningarna. I Boverkets byggregler (BBR, 2008) anges att det, om inte analytisk dimensionering påvisat annat, minst skall finnas två oberoende utrymningsvägar ut ur en byggnad där personer vistas mer än tillfälligt. Trappornas bredd har satts till 90 cm vilket är minimikravet enligt Boverkets byggregler (BBR, 2008) för ett trapphus i klass Tr1 och de aktuella verksamheterna. Hissarnas storlek är utformad med hänsyn till kraven på tillgänglighet som anges i BFS (BFS 2008:6). I simuleringarna antas utrymningshissen utgöra en utrymningsväg och fungerar därför som ersättning för trappa.

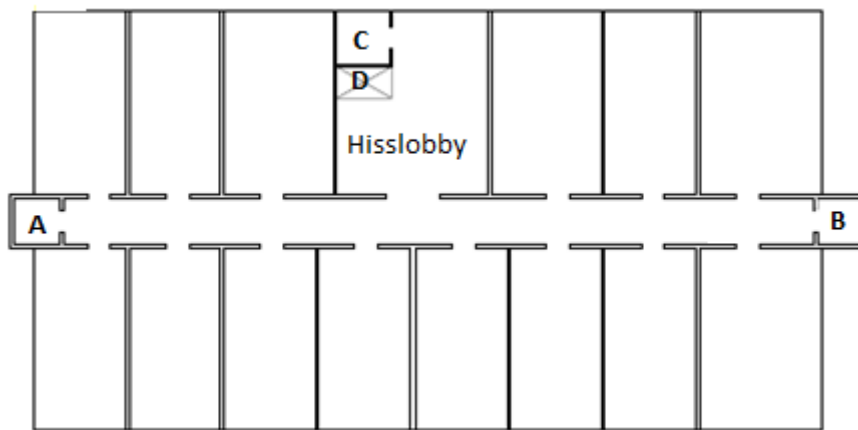
För hotell respektive kontor finns riktlinjer att längsta sträckan till en utrymningsväg inte bör överstiga 30 respektive 45 meter. Dessa riktlinjer beaktas inte vid utplacering av utrymningsvägarna, något som innebär att gångavståndet i vissa av de framtagna scenarierna kan komma att överstiga det maximala med ett fåtal meter. Detta inverkar inte negativt på simuleringarnas syfte, men bör beaktas vid verklig dimensionering.

3.1.8.1 Placering av utrymningsvägar

De fall som anses vara tänkbara som utrymningsväg i den aktuella byggnaden är antingen två stycken trappor, en hiss och en trappa eller två stycken hissar. Utöver typ av utrymningsväg kan även deras placering på våningsplanet variera. De huvudsakliga fall som identifierats anges i Tabell 11. Att utrymningsvägarna är separerade innebär att de är placerade i vardera ände av korridoren. De placeringar utrymningsvägar kan befinna sig på benämns A,B,C och D. Dessa placeringar åskådliggörs i Figur 12.

Tabell 11. Möjliga placeringar av utrymningsvägar

Fall	Utrymningsvägar	Placering
1	Två trappor	Separerade – A och B
2	Två trappor	I en central kärna – C och D
3	En trappa och en hiss	Separerade – A och D
4	En trappa och en hiss	I en central kärna – C och D
5	Två hissar	Separerade – A och B
6	Två hissar	I en central kärna – C och D



Figur 12. Placering av utrymningsvägar.

3.1.8.2 Begränsning av utrymningsvägarnas placering

För att begränsa antalet simuleringar undersöks om vissa av fallen är överflödiga för att kunna besvara frågeställningarna, alternativt ger resultat som kan överföras på andra fall. Detta innebär att om likartade fall har samma transporttid ut ur byggnaden kommer endast simuleringar att utföras för det ena fallet. Den skillnad i utrymningstid som kan uppstå i det andra fallet, beroende på till exempel mänskligt beteende, behandlas därefter kvalitativt i avsnitt 3.6.2.

Fall 1 och 2 – Två trappor

Simuleringar utförs endast för fall 1 där trapporna är belägna på placering A och B.

Detta eftersom det fall som främst anses förekomma i realiteten är att ha två trappor separerade från varandra och den skillnad som eventuellt uppstår i utrymningstiden jämfört med två trappor närmare varandra inte anses vara betydande.

Fall 3 och 4 – En trappa och en hiss

Förflyttningstiden kan komma att variera beroende på var hissen respektive trappan placeras. För att undersöka om det föreligger någon skillnad i förflyttningstid beroende på om trappan är belägen på placering A eller placering C utfördes simuleringar i jämförande syfte, se Bilaga D. Resultaten av dessa visar att ingen nämnvärd skillnad uppstår och att det därför är tillräckligt att i fortsättningen utföra simuleringar för en trappplacering. I fall 4, där trappan är belägen på placering C i en central kärna, kommer förflyttningstiden för en trappa på placering A att användas.

Hissens placering kommer inte att innebära någon skillnad i förflyttningstid och det är därför tillräckligt att genomföra simuleringar för en placering.

Hur utrymningstiderna i verkligheten kan komma att skilja sig åt beroende på trappans och hissen placering behandlas genom ett kvalitativt resonemang i avsnitt 3.6.5. Faktorer som kan medföra skillnader i verkligheten är till exempel trängsel och psykologiska faktorer.

Fall 5 och 6 – Två Hissar

Eftersom ingen trappa ingår anses dessa fall anses inte vara relevanta sett till de frågeställningar som simuleringarna avser att besvara.

3.1.8.3 Aktuell placering av utrymningsvägar

Den filtrering som utfördes i det förra avsnittet innebär att antalet fall som är föremål för simulering kan minskas till två. Då två trappor utgör utrymningsvägar kommer dessa att vara placerade i vardera ände av korridoren. Då utrymning sker via utrymningshiss och trappa kommer hissen vara belägen i en central kärna medan trappan är belägen i ena änden av korridoren. Fall 3 simuleras inte utan behandlas genom att använda simuleringsdata från fall 2 och kvalitativa resonemang. Samtliga aktuella fall visas i Tabell 12 För samtliga fall kommer dessutom antalet våningar och verksamhetsområde att varieras. Samtliga framtagna scenarier visas i Tabell 13 och Tabell 14.

Tabell 12. Aktuella utrymningsvägar

Fall	Simuleras	Utrymningsvägar	Placering
1	Ja	Två trappor	Separerade – A och B
2	Ja	En trappa och en hiss	Separerade – A och D
3	Nej	En trappa och en hiss	I en central kärna – C och D

Placeringen av utrymningsvägarna i det 1:a och andra 2:a fallet kan anses vara oberoende medan placeringen i fall 3 innebär ett visst beroende. Detta fall anses dock vara intressant att studera då hissar och trappor i många höga byggnader i världen har placerats inom en central kärna. Detta innebär fördelar både sett till ekonomiska aspekter, det vill säga att mindre uthyrbar yta behöver användas för transportsyfte, men även sett till mänskligt beteende. Då utrymningshissen och trappan är placerade i anslutning till varandra ges de utrymmande möjlighet att själva avgöra vilket utrymningskoncept de vill använda. Tillgång till valmöjligheter har i litteraturstudien identifierats som betydelsefullt för att minimera potentiell oro och erbjuda människor en känsla av kontroll.

3.1.9 Avgränsningar och antaganden

I simuleringarna har nedanstående avgränsningar, förenklingar och/eller antaganden gjorts.

- **Inga personer väntar på hissen i den centrala kärnan.**
Då en viss andel personer skall använda trappan och en viss andel hissen, och dessa utrymningsvägar är placerade i samma utrymme, kan det i verkligheten uppstå en viss trängsel i det gemensamma utrymmet. I simuleringarna med Simulex antas det dock att ingen person väntar på hissen och eventuella trängseleffekter kopplade till detta behandlas därför kvalitativt i avsnitt 3.6.5.
- **Inga personer befinner sig i trapphusen då utrymningen startar**
Denna förenkling har ingen påverkan på den totala utrymningstiden då den mest avlägsna personen kommer att befinna sig på ett våningsplan och inte i ett trapphus.
- **Populationsegenskaperna i Simulex antas representera verkligheten**
De gånghastigheter och andra faktorer som ansåts hos en viss kategori personer i Simulex är

noga framtagna ifrån experimentdata. Det bör dock observeras att variationer mot dessa värden förekommer i verkligheten och att programmet är en förenkling av verkligheten.

- **I beräkningar med ELVAC tas ingen hänsyn till gångavstånd, populationsegenskaper eller sociala faktorer**

Eftersom ELVAC är en ren hissimulator finns inte möjligheten att beräkna transportsträckor eller ändra personers egenskaper. Gångavståndet ger en skillnad mellan resultaten från Simulex och ELVAC, denna skillnad utgörs dock endast av tiden det tar att transportera sig till närmsta hiss eller trappa. Eftersom denna tid är kort jämfört med den totala utrymningstiden anses inte förenklingen för stor.

- **I simuleringarna tas ingen hänsyn till förberedelsetiden då de endast utförts i jämförande syfte**

Eftersom inga skillnader har kunnat påvisas i förberedelsetiden mellan utrymning via hiss eller utrymning via trappa anses dessa vara i princip lika. Eftersom simuleringarna syftar till att identifiera eventuella skillnader mellan de olika utrymningsvägarna är förberedelsetiden därför inte intressant.

- **Alla hissar antas vara i drift och fungera under utrymningen**

Simuleringarna tar ingen hänsyn till att någon av hissarna skulle vara satt ur drift vid utrymningstillfället eller att tekniska avbrott och problem skulle kunna inträffa under utrymningen.

3.2 Scenariobeskrivning

Totalt kommer 24 olika scenarier att behandlas. Av dessa är det 16 scenarier som simuleras och 8 scenarier där slutsatser och resultat baseras på data från simuleringar. De faktorer som varierar är antalet våningar, byggnadens verksamhet (vilket påverkar byggnadens personantal) och utrymningsvägarnas placering. I Tabell 13 visas scenarierna 1 – 16. I dessa utgörs utrymningsvägarna av en trappa och en utrymningshiss, placerade antingen i en central kärna eller separat i vardera änden av korridoren. Tabellen visar också vilken våningshöjd, verksamhet och byggnadspopulation som använts i respektive scenario, samt om detta simuleras eller behandlas med resultat från andra simuleringar eller kvalitativa resonemang.

Tabell 13. Scenarier vid användning av hiss och trappa

Scenario	Våningshöjd	Verksamhet	Placering	Byggnads Population	Simuleras
1	8	Kontor	Kärna	376	Nej
2	12	Kontor	Kärna	564	Nej
3	20	Kontor	Kärna	940	Nej
4	60	Kontor	Kärna	2820	Nej
5	8	Kontor	Separerade	376	Ja
6	12	Kontor	Separerade	564	Ja
7	20	Kontor	Separerade	940	Ja
8	60	Kontor	Separerade	2820	Ja
9	8	Hotell	Kärna	240	Nej
10	12	Hotell	Kärna	360	Nej
11	20	Hotell	Kärna	600	Nej
12	60	Hotell	Kärna	1800	Nej
13	8	Hotell	Separerade	240	Ja
14	12	Hotell	Separerade	360	Ja
15	20	Hotell	Separerade	600	Ja
16	60	Hotell	Separerade	1800	Ja

Utöver scenarierna 1 – 16 tillkommer scenarierna 5a – 16a, se Tabell 14. Dessa scenarier har samma verksamhet, våningsantal och placering av utrymningsvägarna som motsvarande scenario i föregående tabell men utryms endast via två trappor istället för med en trappa och en hiss.

Tabell 14. Scenarier vid användning av enbart trappor

Scenario	Våningshöjd	Verksamhet	Placering	Byggnads Population	Simuleras
5a	8	Kontor	Separerade	376	Ja
6a	12	Kontor	Separerade	564	Ja
7a	20	Kontor	Separerade	940	Ja
8a	60	Kontor	Separerade	2820	Ja
13a	8	Hotell	Separerade	240	Ja
14a	12	Hotell	Separerade	360	Ja
15a	20	Hotell	Separerade	600	Ja
16a	60	Hotell	Separerade	1800	Ja

3.3 Resultat

Nedan presenteras resultaten för de scenarier där simuleringar har genomförts med Simulex och ELVAC samt för de scenarier där slutsatser från andra simuleringar har visats vara giltiga.

3.3.1 Scenario 1 – 8

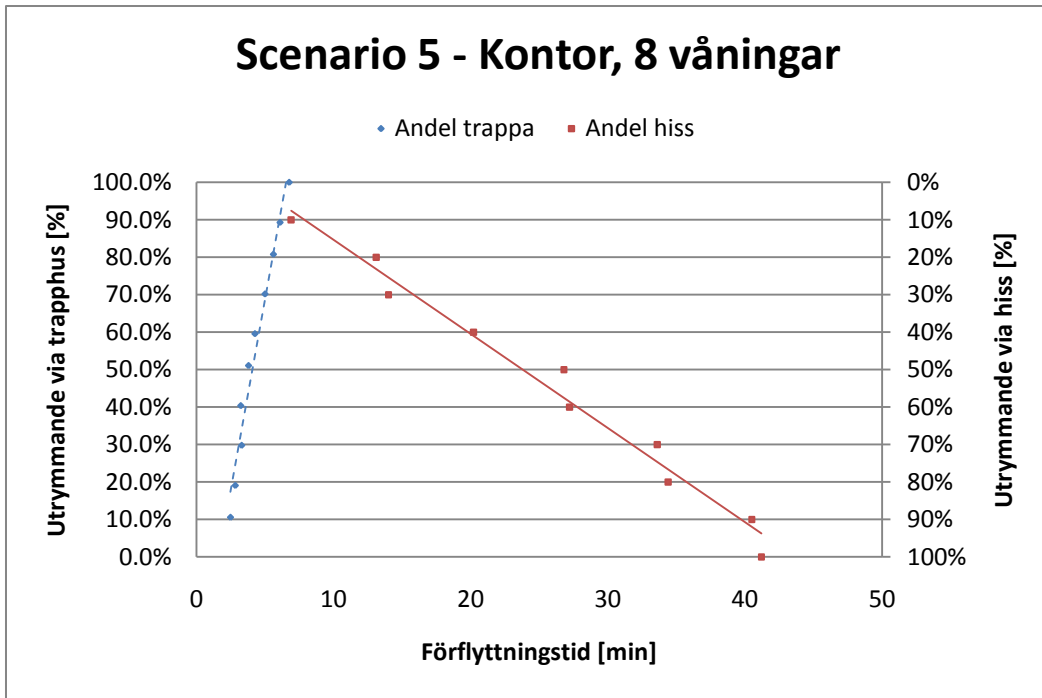
I scenarierna pågår kontorsverksamhet, vilket innebär 47 personer per våning. Utrymningsvägarna består i scenario 1-4 av en hiss och en trappa placerade i en central kärna och i scenario 5-8 av en hiss och en trappa, placerade separat i vardera änden av korridoren. Simuleringar har endast utförts för scenario 5-8 då det tidigare har visats att samma resultat är giltiga för motsvarande scenario med utrymningsvägarna placerade i en central kärna. Resultaten för scenario 5 gäller alltså även scenario 1 och motsvarande för scenario 6 och 2, 7 och 3, samt 8 och 4.

Figurerna visar förflyttningstiden för olika fördelningar av hiss- respektive trappanvändare. Andelarna summerar alltid till 100 % där andelen utrymmande via trapphus ses på vänstra axeln och utrymmande via hiss på den högra. I ett fall där 90 % utrymmer med hjälp av trapphusen innebär detta alltså att de övriga 10 % använder sig av hiss som utrymningsväg.

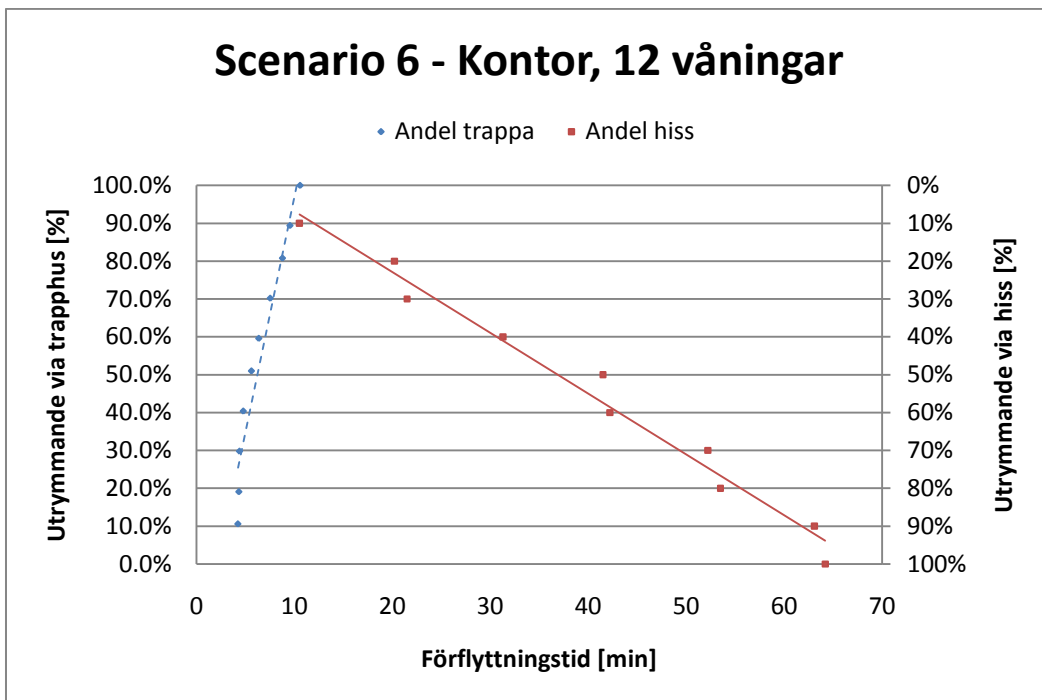
För varje specifik fördelning kan utrymningstiden med respektive utrymningsväg avläsas och den maximala utrymningstiden för denna fördelning avgörs då av den utrymningsväg som innebär längst förflyttningstid. Man kan till exempel se i de flesta scenarier att utrymningstiden för de som utrymmer via hiss generellt är större än för de med trappa när andelen hiss användare överstiger ca 10 %. Den totala förflyttningstiden då mer än 10 % använder hissen avgör därför generellt av hur lång tid det tar att ta sig ned för de som använder utrymningshissarna.

Den optimala utrymningstiden med hiss och trappa uppnås då förflyttningstiden är lika lång med båda utrymningsvägarna, vilket innebär att kurvorna möts.

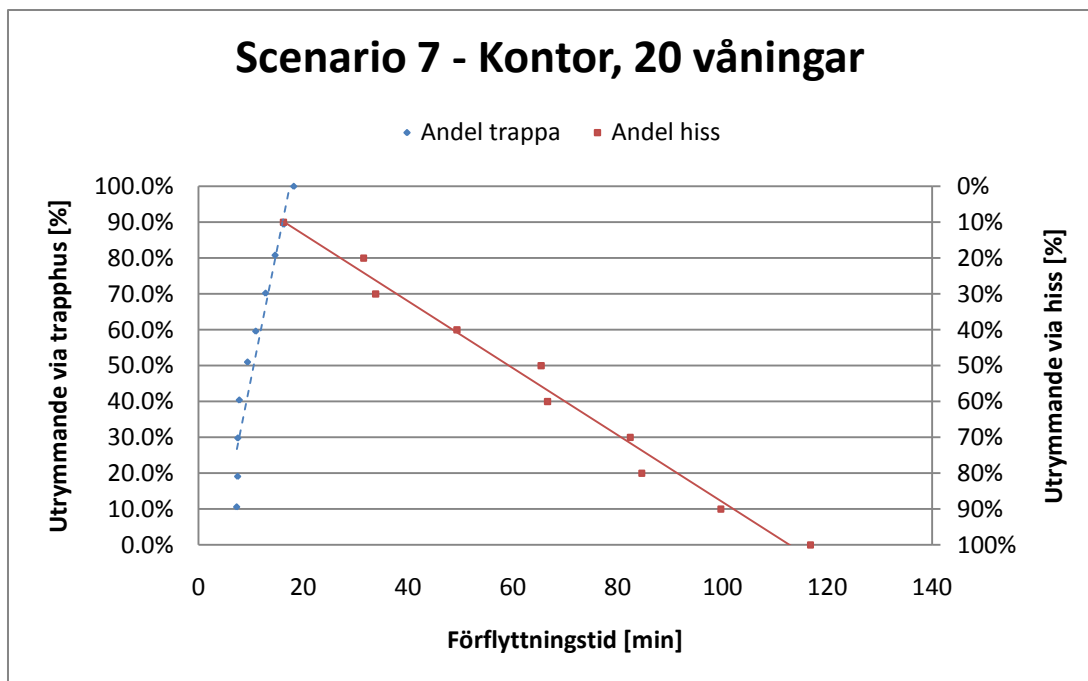
För resultaten för scenario 1-8, se Figur 13-15.



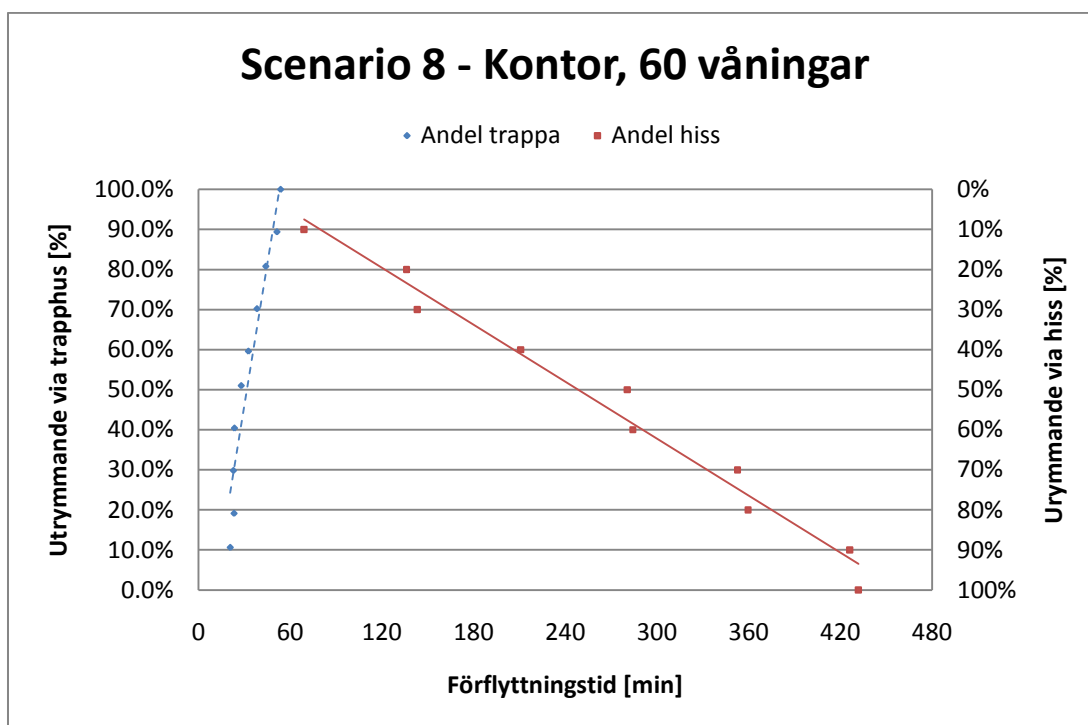
Figur 13. Resultat för scenario 5



Figur 14. Resultat för scenario 6



Figur 15. Resultat för Scenario 7



Figur 16. Resultat för Scenario 8

3.3.2 Scenario 9 - 16

I scenarierna pågår hotellverksamhet, vilket innebär 30 personer per våning. Utrymningsvägarna består i scenario 9-12 av en hiss och en trappa placerade i en central kärna och i scenario 13-16 av en hiss och en trappa, placerade separat i vardera änden av korridoren. Simuleringar har endast utförts för scenario 13-16 då det tidigare har visats att samma resultat är giltiga för motsvarande scenario med utrymningsvägarna placerade i en central kärna. Resultaten för scenario 13 gäller alltså även scenario 9 och motsvarande för

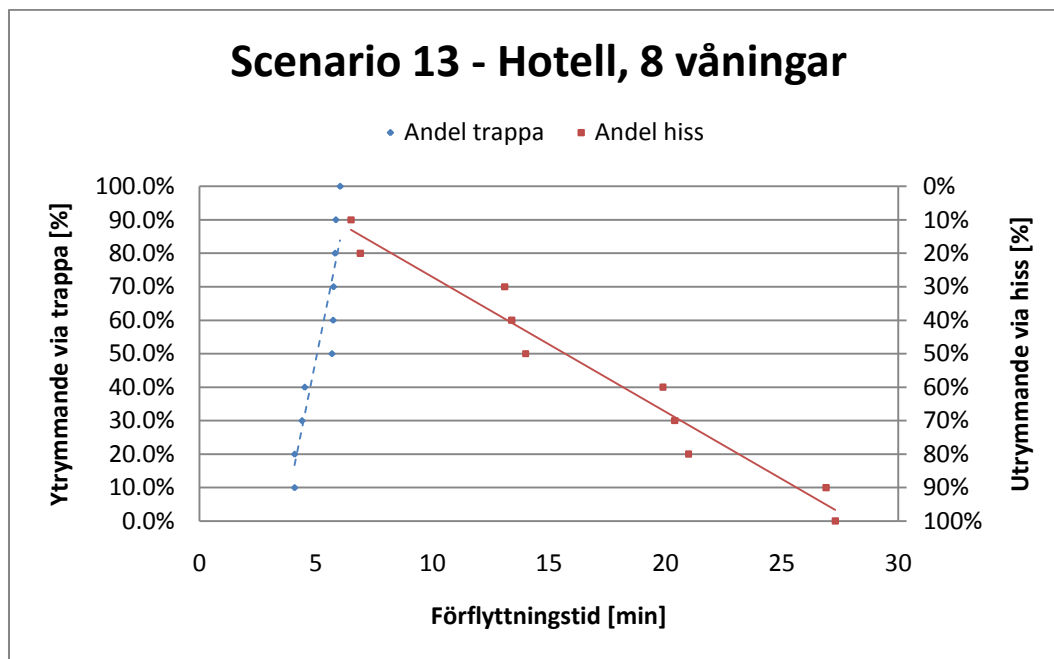
scenario 14 och 10, 15 och 11, samt 16 och 12. Resultaten visar utrymningstiden för olika fördelningar av hiss- respektive trappanvändare. Se Figur 17-19.

Figureerna visar förflyttningstiden för olika fördelningar av hiss- respektive trappanvändare. Andelarna summerar alltid till 100 % där andelen utrymmande via trappa ses på vänstra axeln och utrymmande via hiss på den högra. I ett fall där 90 % utrymmer med hjälp av trapphusen innebär detta alltså att de övriga 10 % använder sig av hiss som utrymningsväg.

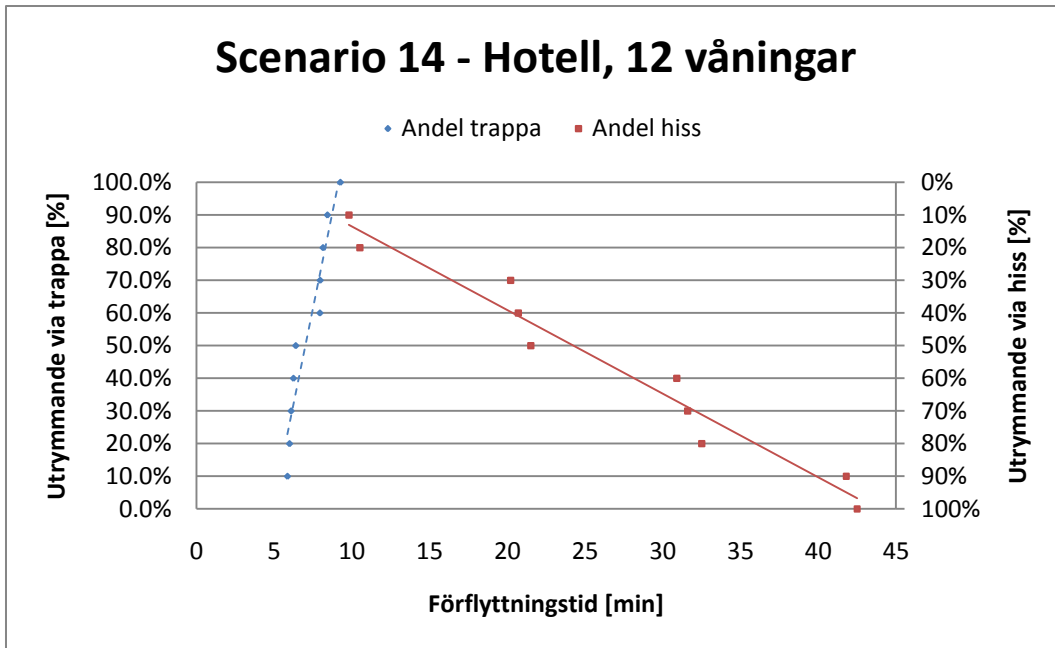
För varje specifik fördelning kan utrymningstiden med respektive utrymningsväg avläsas och den maximala utrymningstiden för denna fördelning avgörs då av den utrymningsväg som innebär längst förflyttningstid. Man kan till exempel se i de flesta scenarier att utrymningstiden för de som utrymmer via hiss generellt är större än för de med trappa när andelen hiss användare överstiger ca 10 %. Den totala förflyttningstiden då mer än 10 % använder hissen avgör därför generellt av hur lång tid det tar att ta sig ned för de som använder utrymningshissarna.

Den optimala utrymningstiden med hiss och trappa uppnås då förflyttningstiden är lika lång med båda utrymningsvägarna, vilket innebär att kurvorna möts.

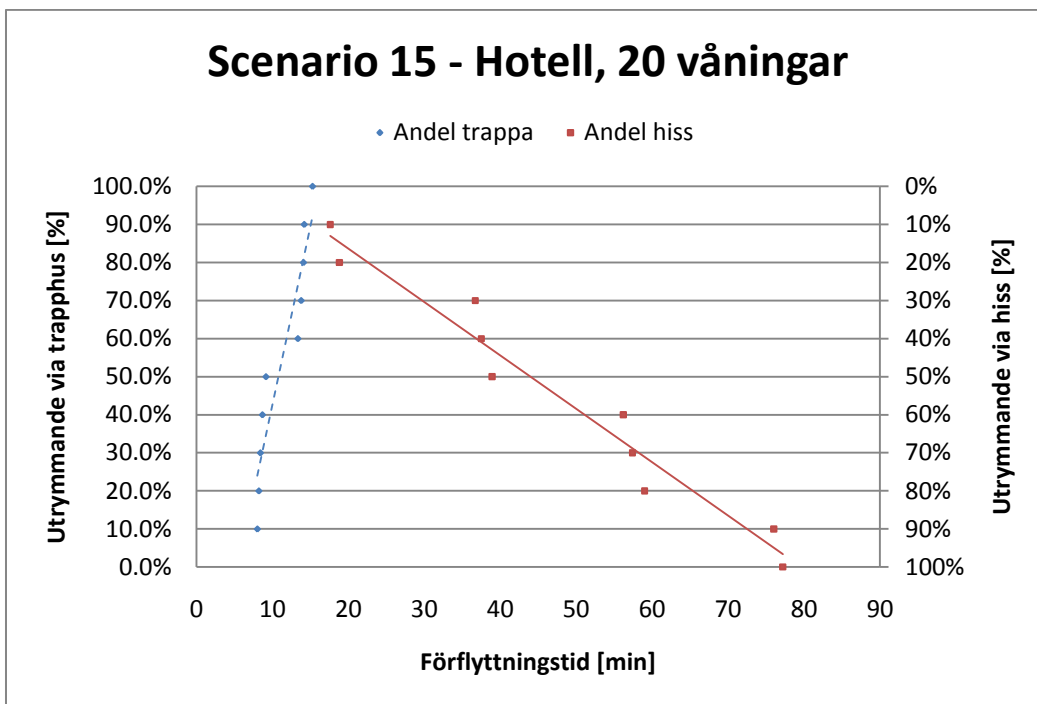
För resultaten för scenario 9-12, se Figur 17-19.



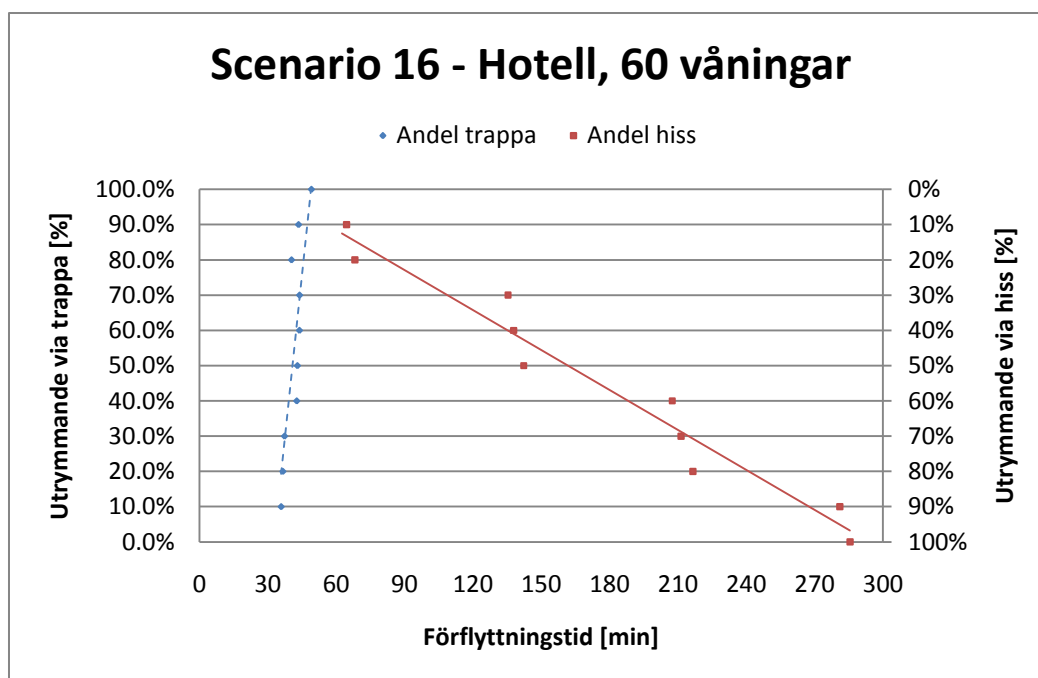
Figur 17. Resultat för scenario 13



Figur 18. Resultat för scenario 14



Figur 19. Resultat för scenario 15



Figur 20. Resultat för scenario 16

3.3.3 Scenario 5a – 8a

I scenarierna pågår kontorsverksamhet, vilket innebär 47 personer per våning. Utrymningsvägarna består av två trappor, placerade separat i vardera änden av korridoren. Det enda som varierar är antalet våningar. I Tabell 15 redovisas den totala förflyttningstid.

Tabell 15. Resultat för scenario 5a-8a

Scenario	Antal våningsplan	Total förflyttningstid [min]
5a	8	4,02
6a	12	5,86
7a	20	10,06
8a	60	27,13

3.3.4 Scenario 13a – 16a

I scenarierna pågår hotellverksamhet, vilket innebär 30 personer per våning. Utrymningsvägarna består av två trappor, placerade separat i vardera änden av korridoren. Det enda som varierar är antalet våningar. I Tabell 16 redovisas den totala utrymningstiden.

Tabell 16. Resultat för scenario 13a-16a

Scenario	Antal våningsplan	Total förflyttningstid [min]
13a	8	6,55
14a	12	7,80
15a	20	16,00
16a	60	40,67

3.3.5 Heyes samband

Simuleringar har genomförts för att ta hänsyn till att andelen hissanvändare kan variera mellan olika våningar. I simuleringarna har det samband som togs fram av Heyes följts, då det anses vara den bästa approximationen av hur verkligheten kan se ut som framkommit i litteraturstudien. Resultaten av simuleringar för kontorsverksamhet i 12 och 20 plan redovisas i Tabell 17. Endast dessa scenarier har

simulerats då syftet enbart varit att undersöka i vilken omfattning en varierande andel hissanvändare för varje våningsplan påverkar utrymningstiden.

Tabell 17. Simuleringar med Heyes samband

Kontorsverksamhet i 12 plan	
Utrymningsfördelning	Förflyttningstid [min]
Heyes samband hiss	9,5
Heyes samband en trappa	9,48
100 % två trappor	5,86
Kontorsverksamhet i 20 plan	
Utrymningsfördelning	Förflyttningstid [min]
Heyes samband hiss	27,4
Heyes samband en trappa	15,02
100 % två trappor	10,06

Tabellen visar förflyttningstiden för två olika scenarier beroende på andelen hiss- respektive trappanvändare i olika variationer. Den längsta förflyttningstiden för simuleringarna med Heyes samband, oavsett om den uppnås med trappa eller hiss, blir dimensionerande för hur lång tid utrymningen tar. För kontorsverksamhet i 20 plan blir därmed den totala förflyttningstiden 27,4 minuter även om det bara tar cirka 15 minuter för de som utrymmer via trappan. Detta kan sedan sättas i relation till hur lång förflyttningstiden blir om utrymningen istället sker via två trappor.

3.4 Diskussion av simuleringresultat

En av de mest framträdande trenderna i simuleringresultaten är den långa förflyttningstid som erhålls då en större andel än omkring 10 % av populationen utrymmer via hissarna. Detta visar klart och tydligt att den hisskapacitet som använts i simuleringarna inte är tillräcklig för att kunna utgöra en ersättning av ett trapphus.

Förflyttningstiden går generellt snabbare då den sker via två trapphus än med en kombination av trappa och hiss, oavsett fördelning av populationen mellan trappan och hissen. Detta gäller speciellt vid scenarier där ett större antal personer utrymmer byggnaden och inga barn eller äldre finns i populationen.

Resultaten från simuleringarna med Heyes samband visar att hissarna blir kontrollerande för den totala utrymningstiden.

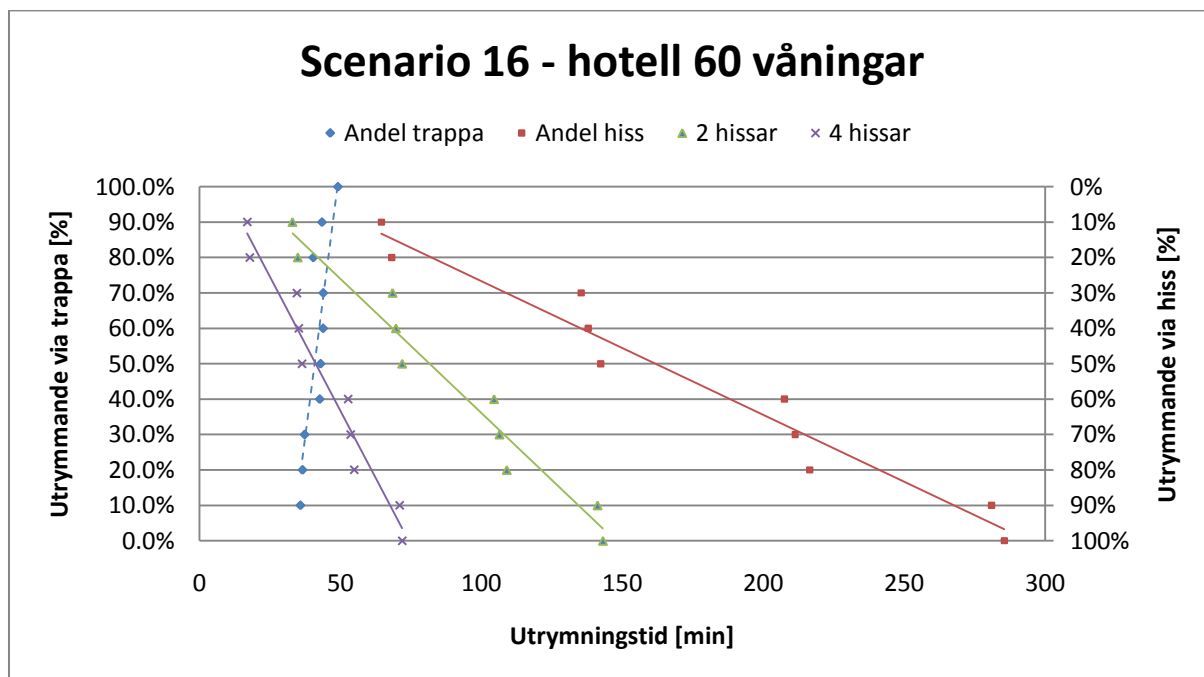
I resultaten för utrymningstiden via hiss uppträder för vissa scenarier tydliga ”grupper” av utdata, se till exempel Figur 20. Sambandet mellan antalet användare och den totala förflyttningstiden är linjärt varvid utdatan borde reflektera detta. Dessa ”grupperingar” uppstår dock på grund av att den ökande andelen som utrymmer via hiss från varje våningsplan vid vissa nivåer innebär att hissen måste åka en extra runda till alla våningar för att kunna plocka upp alla.

Då endast en hiss används och personantalet i vissa scenarier är högt bör fall undersökas där hisssystemet har en större kapacitet, vilket troligtvis avspeglar ett verkligt fall bättre.

3.5 Utökade simuleringar

Då resultaten från simuleringarna antyder att utrymningen med endast en hiss tar lång tid undersöks även fallen då hisskapaciteten utökas till två och fyra hissar. Dessutom görs simuleringar för att undersöka vilken inverkan personer med nedsatt rörelseförmåga får på förflyttningstiderna och vilken påverkan en förändrad andel av rörelsehindrade ger. I denna del presenteras resultaten från dessa simuleringar.

En fördubbling av hisskapaciteten innebär teoretiskt sett hälften så långa förflyttningstider då sambandet är linjärt, se Figur 21. Detta avspeglar sig i majoriteten av resultaten för de utökade simuleringarna även om undantag förekommer. Dessa undantag är kopplade till lastnings-effekter, det vill säga att populationsstorleken på ett våningsplan innebär att hissarna måste åka en extra vända för att hämta endast ett fåtal personer. På grund av likheten mellan resultaten redovisas endast de för scenario 16 i detta kapitel. För övriga resultat, se Bilaga E. För Heyes samband görs inga vidare simuleringar då ett linjärt samband innebär att förflyttningstiden för trapporna kommer att bli kontrollerande vid en fördubbling till två hissar, se Tabell 17. Detta diskuteras vidare i avsnitt 3.6.4.



Figur 21. Resultat för utökade simuleringar av scenario 16

Figuren visar effekten av en ökning av hisskapaciteten. Även om påverkan på den optimala förflyttningstiden med trappa och hiss (skärningspunkterna) är relativt liten, blir skillnaden i förflyttningstid då 100 % tar hissen markant. Detta beror på att transporttiden med hiss är direkt beroende av hisskapaciteten, vilket innebär att en fördubblad hisskapacitet innebär hälften så långa transporttider. För mer data, se Tabell 18 – 21.

3.5.1 Jämförelse av förflyttningstid vid ökat antal hissar

För att undersöka hur ett ökat antal hissar påverkar förflyttningstiden jämförs resultaten från simuleringar med tre olika hisskapaciteter. I detta avsnitt redovias ett urval av scenarierna, se Tabell 18-21, för att ge en överblick av hur resultaten påverkas då hissantalet ökar. För resterande scenarier se Bilaga E. I tabellerna åskådliggörs den kortaste respektive längsta förflyttningstiden för de olika utrymningslösningarna. Den kortaste förflyttningstiden för kombinationer av trappa och hiss uppstår då utrymningen via hissarna och trappan tar lika lång tid. Denna tid representerar därmed en specifik andel hiss- respektive trappanvändare. Den längsta förflyttningstiden fås generellt för de som använder hissarna, det vill säga att utrymningen oftast går snabbare när två trappor används istället för en kombination av trappor och hissar.

Tabell 18. Kortaste och längsta förflyttningstid, scenario 7

Scenario 7 – Kontor, 20 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	16,1	116,8	9,6 %
En trappa två hissar	15,0	58,1	17,9 %
En trappa fyra hissar	12,7	29,7	34,1 %
Två trappor	10,1	10,1	0 %

Tabell 19. Kortaste och längsta förflyttningstid, scenario 8

Scenario 8 – Kontor, 60 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	51,4	431,8	3,5 %
En trappa två hissar	47,1	215,5	13,5 %
En trappa fyra hissar	40,5	108,5	29,1 %
Två trappor	27,1	27,1	0 %

Tabell 20. Kortaste och längsta förflyttningstid, scenario 15

Scenario 15 – Hotell, 20 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	15,1	77,2	9,4 %
En trappa två hissar	13,4	38,9	25,1 %
En trappa fyra hissar	11,0	19,8	47,6 %
Två trappor	16,0	16,0	0 %

Tabell 21. Kortaste och längsta förflyttningstid, scenario 16

Scenario 16 – Hotell, 60 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	47,8	285,5	7,0 %
En trappa två hissar	45,2	143,1	22,6 %
En trappa fyra hissar	40,9	71,9	49,4 %
Två trappor	40,7	40,7	0 %

3.5.2 Inverkan av rörelsehindrade

Eftersom simuleringar med individer med nedsatt rörelseförmåga genomfördes för att få en uppfattning om den generella påverkan detta kan ha, utfördes endast simuleringar för ett scenario; Scenario 7, Kontorsverksamhet i 20 våningsplan. Resultaten för simuleringarna redovisas i Tabell 22. I

Tabell 23 jämförs förflyttningstiden för 100 % utrymmande via två trappor, med en varierande andel rörelsehindrade, mot förflyttningstiden för olika utrymningslösningar. Vilka skillnader som föreligger i simuleringarna mellan egenskaperna hos personer med nedsatt rörelseförmåga och övriga personer redovisas i Bilaga B.

Tabell 22. Inverkan av personer med nedsatt rörelseförmåga

Scenario 7 – Kontor, 20 våningar		
	Förflyttningstid – utan rörelsehindrade	Förflyttningstid – med rörelsehindrade
Scenario 7 – 100 % utrymmande via trapphus A	18,15	31,83
Scenario 7 – 50 % utrymmande via trapphus A	9,35	23,66
Scenario 7a 100 % utrymmande via 2 trappor	10,06	20,93

Tabell 23. Jämförelse mot förflyttningstid med rörelsehindrade, scenario 7

Scenario 7			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	16,1	116,8	9,6 %
En trappa två hissar	15,0	58,1	17,9 %
En trappa fyra hissar	12,7	29,7	34,1 %
Två trappor	10,1	10,1	0 %
Två trappor, 8,5 % rörelsehindrade	20,9	20,9	0 %
Två trappor, 5 % rörelsehindrade	22,6	22,6	0 %
Två trappor, 1 % rörelsehindrade	15,6	15,6	0 %

3.6 Sammanfattande diskussion och slutsatser av simuleringens resultaten

I detta avsnitt sammanfattas och diskuteras resultaten för de ursprungliga och utökade simuleringarna. Variabler som har visat sig ha stor påverkan på simuleringens resultaten diskuteras kvalitativt. Om simuleringens resultaten används för att dra slutsatser om andra fall bör dessa variabler beaktas. Simuleringens resultaten sätts till sist i relation till frågeställningarna.

3.6.1 Hisskapacitet

Simuleringarna har visat att en hiss inte är tillräckligt för att uppnå en kapacitet som motsvarar den hos ett trapphus. Detta beror på det höga personantalet i vissa av scenarierna och visar tydligt på vikten av att anpassa utrymningssystemet efter byggnadens personantal. Då hisskapaciteten ökades minskade förflyttningstiden direkt beroende av antalet hissar och närmade sig den som erhöles med två trapphus. Då ett trapphus ersattes av fyra hissar erhöles resultat som gav förflyttningstider nära de för utrymning via två trapphus för de flesta scenarierna.

3.6.2 Byggnadens utformning

Nedan diskuteras de faktorer kopplade till byggnadens utformning som anses kunna ha påverkat resultaten från simuleringarna.

- **Gångavstånd**
En annorlunda utformning eller storlek på våningsplanen skulle innebära skillnader i gångavstånd till närmsta utrymningsväg. Detta skulle i sin tur påverka den totala utrymningstiden.
- **Antal och storlek på utrymningsvägar**
Antalet och storleken på de utrymningsvägar som använts i simuleringarna har valts utgående från minimikraven i byggreglerna utgående från krav på tillgänglighet och planlösning. Större eller fler utrymningsvägar skulle innebära kortare utrymningstider. Dels på grund av minskad köbildning och möjlighet att passera långsammare personer i trapporna. Större eller fler hissar skulle i sin tur innebära en större personkapacitet och därmed kortare utrymningstid.
- **Våningsantal**
Då antalet personer i byggnaden beror av antalet våningsplan kommer ett större antal våningar att innebära en större population och därmed längre utrymningstider. Dels på grund av trängsel och dels på grund av att en högre byggnad innebär längre gångavstånd i trapporna. Även om hisshastigheten till viss del anpassats efter byggnadens höjd blir transporttiderna med hiss längre då våningsantalet ökar.
- **Verksamhet**
Utrymningstiden påverkas av vilken verksamhet som bedrivs i den aktuella byggnaden. Ett kontor kan till exempel ha en mer öppen planlösning och högre personantal medan hotellverksamhet är uppdelad på rum och innebär färre personer per våningsplan. I simuleringarna har ingen hänsyn tagits till att byggnaden kan inhysa samlingslokaler på ett eller flera plan vilket hade kunnat påverka den totala utrymningstiden. Framst på grund av att det skulle innebära att personantalet hade ökat och trappornas dimensioner hade blivit större.
Möjligheten att tillämpa simuleringsresultaten för bostadshus finns men det bör beaktas att populationen i detta fall troligen är mindre och planlösningen annorlunda. God lokalkännedom och en mindre population jämfört med kontors- och hotellverksamhet innebär troligen kortare utrymningstider.

3.6.3 Utrymningsordning

Utrymning med trapporna har skett samtidigt från alla våningsplan. Då hissen använts som utrymningsväg i simuleringarna har denna påbörjat utrymningen från det översta planet och därefter succesivt tömt byggnaden nedåt. En alternativ utrymningsordning med hissen hade dock inte inneburit att transporttiden påverkas. Detta på grund av att hissen ändå måste utrymma samtliga våningsplan vid en massutrymning oavsett var denna påbörjas. Det finns dock psykologiska faktorer hos de utrymmande, till exempel vilken väntetid på hissen som kan accepteras innan alternativa utrymningsvägar väljs, som kan påverkas av utrymningsordningen. Vilken inverkan detta kan få på utrymningen diskuteras i 3.6.5.

Vid fasvis utrymning kommer den största skillnaden jämfört med massutrymning ligga i att problemen med trängsel i trapphusen och väntetiden på hissen minskar. Detta på grund av att endast ett par våningar av byggnaden utryms till en början. Förflyttningstiden kommer därmed inte överstiga den vid massutrymning. Utrymningstiden därefter beror på om den resterande delen av byggnaden massutryms eller töms ett par våningar i taget och kommer därmed variera. Den totala utrymningstiden om hela byggnaden utryms kommer vid fasvis utrymning troligtvis överstiga den vid massutrymning eftersom personflödet ut ur byggnaden inte kommer att vara konstant. Hur lång den blir avgörs främst av hur långt tidsintervallet mellan utrymningen av de resterande delarna av byggnaden blir och i vilken ordning dessa utryms.

3.6.4 Heyes samband

De resultat som erhöles vid simuleringar med Heyes (Heyes, 2009) samband har visat sig vara svåra att jämföra med resultat från övriga simuleringar med motsvarande scenarier. Detta beror på att andelen hiss-

respektive trappanvändare varierar för varje våning medan den i övriga simuleringar är konstant oavsett våningsplan. De slutsatser som kan dras är att utrymningstiden med Heyes samband vid låg hisskapacitet (en hiss) blir beroende av utrymningstiden via hiss men övergår till att bli beroende av utrymningstiden via trappan då hissantalet ökar (2 hissar eller fler). Dessa resultat kan sägas gälla för kontorsverksamhet i 12 och 20 våningsplan, men kan stämma även för andra verksamheter och våningshöjder även om dessa inte har simulerats.

Tabell 24 ses en jämförelse mellan utrymningstiden för Heyes samband och den optimala utrymningstiden för motsvarande scenarier, simulerade med två hissar och en trappa. Den enda slutsatsen som kan dras av denna jämförelse är att utrymningstiden för Heyes samband vid mer än en hiss närmar sig den optimala utrymningstiden som erhålls för simuleringarna med konstant andel hissanvändare oberoende av våningsplan.

Tabell 24. Jämförelse mellan Heyes samband och optimal förflyttningstid för motsvarande scenarier

Utrymningslösning, två hissar och en trappa	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
Scenario 6 – kontor, 12 våningar	8,8	32,4	18,1 %
Heyes – kontor, 12 våningar	9,5	-	Varierande
Scenario 7 – kontor, 20 våningar	15,0	58,1	17,9 %
Heyes – kontor, 20 våningar	15,0	-	Varierande

3.6.5 Inverkan av mänskligt beteende

I detta avsnitt diskuteras de faktorer kopplade till mänskligt beteende som gör att resultaten från simuleringarna kan skilja sig från verkligheten.

- **Trängsel i lobbyn**

I simuleringarna har ingen hänsyn tagits till att det under de fall där hiss används kommer att finnas folk i hisslobbyen på respektive våning som väntar på hissen. Då trapporna är placerade i ändarna på korridoren bör inte detta inverka på transporttiden. I det fall när trappan i anslutning till lobbyn används för att utrymma kommer dock trängsel uppstå då folk som väntar på hissen uppehåller sig där. Detta påverkar dels utrymningstiden för de som skall använda trapporna men kan också orsaka problem när folk ska ta sig in i hissen och personer rör sig igenom lobbyn. Transporttiden för scenarierna 1-4 och 9-12, där båda trappa och hiss är placerade i en central kärna, kan på grund av denna effekt i verkligheten bli längre än den för motsvarande scenarier där trappan är placerad i någon av korridorens ändrar.

- **Utrymningsordningen**

I vilken ordning som byggnaden utryms har ingen effekt på den simulerade utrymningstiden med hiss. Det är däremot viktigt ur en psykologisk synvinkel att de personer som känner sig mest hotade av situationen får möjlighet att utrymma först. Detta innebär främst de personer som befinner sig i direkt närhet till en hotfull situation. Personer högt upp i byggnaden som uppfattar utrymning via trappor som mycket ansträngande och alltför tidskrävande kan också uppleva otrygghet och en trapputrymning för dessa individer skulle kunna innebära långa utrymningstider. Om de övre planen prioriteras i det inledande skedet av utrymningen skulle därför utrymningstiden kunna bli kortare än om en annan utrymningsordning tillämpas.

- **Gruppdynamik och efterslänrare**

De simuleringsprogram som använts förbiser i beräkningarna från den inverkan som olika effekter kopplade till gruppdynamik kan ha på utrymningen. Detta innebär att den verkliga utrymningstiden kan skilja sig från den simulerade på grund av att folk till exempel assisterar och utrymmer tillsammans med kollegor och vänner. Vilken inverkan detta kan ha på verkliga utrymningstider är svårt att säga och varierar från fall till fall.

I verkligheten har det visat sig att variationen på när utrymningen påbörjas är stor från individ till individ och att det ofta finns efterslänrare då en utrymningsituation uppstår. Detta innebär att enstaka individer kan komma att anlända till hissfoajen efter att denna redan tömts. Om denna person inte har möjlighet att ta trappan måste hissen åka ännu en runda till detta våningsplan vilket ger en längre utrymningstid. Ingen hänsyn tas, varken i ELVAC eller Simulex, till den effekt som efterslänrare kan få på den totala utrymningstiden vilket gör att de simulerade tiderna troligtvis blir kortare än i verkligheten.

- **Reaktions och beslutstid**

I simuleringarna har antagandet gjorts att förberedelsetiderna är samma oavsett om trappa eller hiss används som utrymningsväg. Eftersom resultaten endast används för att jämföra de två utrymningslösningarna har denna tid inte heller kvantifierats då den inte anses påverka möjligheterna till denna jämförelse. I verkligheten skulle dock förberedelsetiden innebära att den totala utrymningstiden blir längre än den som erhållits i simuleringarna där endast transporttiden har beräknats.

3.6.6 Byggnadspopulation

Egenskaperna hos de populationer som har använts i simuleringarna kan skilja sig från hur verkligheten ser ut. Storleken på populationerna kan variera från fall till fall men de personantal som använts vid simuleringarna har ansatts relativt högt och anses därför vara konservativa. En mindre population skulle innebära kortare utrymningstider. De sammansättningar på populationerna som använts vid simuleringarna är de som specificerats av programvaran. I ELVAC sker ingen transport förutom med hiss vilket gör att gånghastigheten inte påverkar slutresultaten i någon utsträckning. Det är däremot möjligt att variationer i populationens sammansättning skulle kunna innebära att det tar olika lång tid att fylla hissen på varje plan jämfört med ELVAC's förprogrammerade tid. I Simulex kan dock olika förutsättningar hos populationen påverka slutresultaten beroende på att utrymningstiden är kopplad till gånghastigheten, se avsnitt 3.5.2. I simuleringarna har Simulex förprogrammerade populationssammansättningar och egenskaper använts, för en närmare beskrivning av dessa se Bilaga B. Då verkligheten kan se annorlunda ut är det viktigt att beakta att de erhållna utrymningstiderna endast är gällande för dessa specifika förutsättningar.

3.6.7 Inverkan av personer med nedsatt rörelseförmåga

Resultaten från simuleringarna har visat att utrymningstiden förlängs avsevärt för utrymningen via trappor då även rörelsehindrade ingår i populationen, se Tabell 22 och 23. Hur stor denna påverkan blir är beroende dels av egenskaperna hos de rörelsehindrade, där förspecificerade egenskaper i Simulex använts, och dels av hur stor andel rörelsehindrade som befinner sig i byggnaden. En större andel rörelsehindrade leder enligt resultaten inte nödvändigtvis till en längre förflyttningstid. Detta beror troligen på hastighet med vilken en sådan individ rör sig med och var i byggnaden den inleder utrymningen är av större vikt. I simuleringarna väljs hastigheten utgående från en fördelning inom vissa intervall, se Bilaga B, och utgångspositionen har konservativt valts så att minst en rörelsehindrad alltid utrymmer från översta planet. Resultaten visar också att då rörelsehindrade beaktas vid utrymningen går den fortare med vissa kombinationer av hiss- respektive trappanvändare än om endast trappor används för att utrymma. Personer som använder sig av rullstol eller permobil måste också, om hissar inte finns tillgängliga, bäras

nedför trapporna. Detta har inte beaktats i simuleringarna och kan i verkligheten innebära svårigheter för utrymmande och längre utrymningstider.

3.6.8 Counterflow

Vilken inverkan räddningstjänstens insats får på utrymningstiden, i form av counterflow, beror på vilken angreppsväg som de väljer. Det har tidigare visat sig att påverkan på utrymningstiden via trappor är liten då denna angreppsväg används, men att tiden för räddningstjänsten att nå brandplanet förlängs (Bukowski, 2007). Om räddningstjänsten skulle välja att använda sig av hissen som angreppsväg innebär detta att en hiss tas i anspråk. Om denna hiss även är avsedd för utrymning kommer utrymningstiden att påverkas. Detta sker dock först efter det att räddningstjänsten anlärt till platsen och påbörjat sin insats. Hur stor denna påverkan blir beror bland annat på när räddningstjänsten anländer, hur länge de använder hissen och hur många övriga hissar som finns tillgängliga för de utrymmande.

3.6.9 Simuleringsresultaten i relation till frågeställningarna

De frågeställningar som efter litteraturstudien ännu ansågs obesvarade och som låg till grund för simuleringarna presenteras nedan. Information som framkommit i detta kapitel som bidrar till att besvara dessa utreds under respektive frågeställning.

- **Vilket personflöde kan uppnås med utrymningshiss och vilka faktorer är avgörande?**
Då personflödet för hissar är beroende av en mängd specifika faktorer ifrån fall till fall kan inga generella värden presenteras. Personflödet är direkt beroende av hisskapaciteten och faktorer som kan påverka personflödet har presenterats i avsnitt 3.6.1 - 3.6.8.
- **Kan utrymningshiss ersätta en trappa och ändå utgöra en lika säker lösning som utrymning via endast trappor?**
De resultat som erhållits i simuleringarna visar att det rent transportmässigt är möjligt att ersätta en trappa med utrymningshissar. Kapaciteten hos hissarna måste dock anpassas efter byggnadens förutsättningar för att de ska kunna utgöra en tillfredställande utrymningslösning. Det har framkommit att många faktorer påverkar utrymningen via hissarna och dessa faktorer måste alla beaktas vid utformningen av systemet.

4 Analys och diskussion

För att besvara de frågeställningar som formulerades i arbetets inledning har en litteraturstudie och simuleringar genomförts. Om den information som framkommit har varit tillräcklig eller inte diskuteras i följande avsnitt. Förutom frågeställningarna diskuteras och analyseras även andra frågor som anses vara intressanta i relation till användandet av utrymningshissar, till exempel vilken inverkan mänskligt beteende kan ha på utrymningen.

4.1 Besvarande av frågeställningar

Nedan presenteras frågeställningarna och de svar på dessa som framkommit genom litteraturstudien och simuleringarna. Utöver detta förs en diskussion för respektive frågeställning över vilka ytterligare faktorer som kan komma att inverka.

- **Hur skiljer sig utrymningskapaciteten vid utrymning med trappa jämfört med utrymningshiss?**

Denna frågeställning kunde besvaras med hjälp av information som framkom i litteraturstudien. Skillnaden i utrymningskapacitet för hissar respektive trappor är främst relaterad till byggnadshöjden och antalet våningar. Generellt har det visat sig att utrymningshissar har fördelar vid utrymning av mycket höga byggnader men simuleringensresultaten från de studier som utfördes av författarna visar att ett flertal hissar kan behöva användas för att motsvara kapaciteten hos en trappa. Detta gäller även vid användning av utrymningshissar i byggnader av lägre höjd.

Utrymningskapaciteten skiljer sig också åt på så vis att utrymningen via hissar teoretiskt sett inte tar mycket längre tid för rörelsehindrade och personer med nedsatt fysik än för resterande delar av populationen. Då rörelsehindrade infördes i simuleringarna visade resultaten att utrymningstiden via trappor i vissa fall uppgick till det dubbla jämfört med om denna grupp bortsågs från.

Om utrymningshiss skall kunna ersätta en trappa som utrymningsväg kommer en noggrann dimensionering av hisskapaciteten vara en förutsättning för att inte utrymningstiden skall bli för lång. Som framkommit av de simuleringar som genomförts av författarna är byggnadens personantal en viktig faktor att beakta.

Utrymningstiden kommer till stor del styras av vilken andel av byggnadens population som väljer att använda hiss som utrymningsväg. Simuleringarna har visat att antalet hissar ofta direkt påverkar skillnaden mellan den längsta och kortaste utrymningstiden då en kombination av hiss och trappa används. Det är av stor vikt att denna skillnad minimeras då det är svårt att förutsäga exakt hur stor andel av populationen som kommer att välja respektive utrymningsväg.

- **Vilket personflöde kan uppnås med utrymningshiss och vilka faktorer är avgörande?**
Eftersom personflödet till viss del är kopplat till kapaciteten på utrymningshissen gäller en del av resonemanget i föregående frågeställning även här. Det har i rapporten framkommit en mängd olika faktorer som påverkar personflödet med hissar, både i litteraturstudien och från simuleringensresultaten. De faktorer som anses ha störst inverkan på personflödet är hisskapaciteten, byggnadens utformning, populationens sammansättning och storlek, villigheten att använda hiss, sociala faktorer och counterflow. Vilket personflöde som kan uppnås beror på alla dessa faktorer och är därför specifikt för varje enskilt fall.
- **Kan utrymningshissar lösa den problematik som finns idag med utrymning för rörelsehindrade personer?**

Den information som framkommit av litteraturstudien visar att utrymningshissen utgör en lösning för rörelsehindrade att själva, oassisterade, kunna utrymma ur en byggnad. Resultaten från simuleringarna, utförda av författarna, visar att detta även skulle kunna innebära en tidsvinst för den del av populationen som utrymmer via trappor, oavsett hur många rörelsehindrade som befinner sig i byggnaden då gånghastigheten inte behöver anpassas till den hos dessa individer.

- **Kan utrymningshiss ersätta en trappa och ändå utgöra en lika säker lösning som utrymning via endast trappor?**

De simuleringar som genomförts av författarna visar att det är fullt möjligt att ersätta en trappa med utrymningshiss sett till transporttiden. För att kunna göra denna lösning säker och användbar måste dock alla faktorer som har någon större inverkan på utrymningstiden beaktas, speciellt då kapaciteten hos hisssystemet. Dessa faktorer behandlas i avsnitt 4.2.

- **Hur skulle ett eventuellt tillägg till nuvarande lagstiftning gällande utrymningshiss kunna utformas?**

Ett förslag på tillägg har utformats, detta finns tillgängligt i Bilaga A.

4.2 Faktorer som påverkar utrymningen via hissar

Förutom att besvara frågeställningarna behandlas i detta avsnitt andra faktorer som mer eller mindre berör användandet av utrymningshissar och som kan ha påverkan på utrymningstiden. Analysen och diskussionen grundar sig på litteraturstudien och de simuleringar som utförts men även på författarnas egna resonemang.

4.2.1 Hisslobby och omgivning

Dimensioneringen av hisslobbys storlek kommer att vara viktig för att samtliga av de personer som avser att använda utrymningshiss skall kunna uppehålla sig där utan att behöva utsättas för allt för stor trängsel. I litteraturstudien framkom att stor trängsel gör att oro lätt uppstår vilket minskar folks benägenhet att invänta hissen. En mindre andel hissanvändare skulle i förlängningen kunna leda till längre utrymningstider och om lobbyn utformats som en säker plats skulle folk utsätta sig för fara om de lämnade denna för att söka upp en alternativ utrymningsväg. Storleken på hisslobbyn bör därmed anpassas efter hur många personer som antas uppehålla sig i byggnaden och även efter hur stor andel av dessa som förväntas använda sig av utrymningshissarna. Om det dessutom finns en utrymningstrappa i anslutning till lobbyn bör även detta vägas in i dimensioneringen på grund av ett ökat personflöde. I litteraturstudien ges förslag på hur lobbyns storlek bör förhålla sig till personantalet på ett våningsplan men dessa värden kan inte anses vara direkt överförbara till andra fall då de grundar sig på specifika, och ibland oklara förutsättningar. För att avgöra hur stor hisslobbyn bör vara för att trängsel skall kunna undvikas behövs därmed mer data och vidare forskning.

Hisslobbyn bör utformas på ett sådant sätt att den klarar av att stå emot brandpåverkan och skydda de personer som uppehåller sig där. Detta kan uppnås genom att den bland annat utgör en egen brandcell, är övertryckssatt och har sluss för att förhindra brandgasinträngning. Ett generellt krav skulle kunna sättas upp om att det byggnadstekniska brandskyddet i lobbyn ska motsvara det för ett Tr1 trapphus. Det bör dock beaktas att vissa saker som inte gäller ett Tr1 trapphus är av vikt vid utformningen av en hisslobby för utrymningshiss, till exempel åtgärder för att skydda elektriska komponenter och hindra vatteninträngning i hisschaktet.

För att de personer som inväntar utrymningshissen skall uppleva en tillräckligt hög känsla av säkerhet bör hisslobbyn utformas med sådana funktioner att personer som uppehåller sig där ges tillräcklig information för att känna trygghet och att de har kontroll över situationen. Utformningen av dessa funktioner diskuteras vidare i avsnitt 4.2.2.

4.2.2 Informationssystem

Den information som förmedlats till allmänheten under flera decennier är att hissar inte skall användas vid brand. På grund av detta kommer ett tydligt och heltäckande informationssystem att vara av stor vikt för att få personer att se hissen som en utrymningsväg.

Alla som befinner sig i byggnaden bör ha fått någon sorts information om att byggnaden använder sig av hissar som utrymningsväg. Denna information kan ges på flera sätt och anpassas efter byggnadens verksamhet. Vid kontorsverksamhet bör till exempel alla som jobbar i byggnaden ha blivit informerade och fått utbildning om hur systemet fungerar och används, och tillfälliga besökare få information då de först kommer in i byggnaden. Vid hotellverksamhet kan informationen till exempel förmedlas vid incheckningen och med informationsblad på respektive rum.

För alla verksamheter är det viktigt med en tydlig skyltning som markerar var utrymningshissarna finns, att de utgör en utrymningsväg och skyltar i anslutning till hissarna som tydligt markerar vilka hissar som är utrymningshissar. Ett förslag på hur en skylt för utrymningshissar kan se ut har getts i litteraturstudien och det är viktigt att dessa skyltar inte kan missuppfattas. De skall också tydligt förmedla den information som de avsetts ge.

Då behovet av en utrymning uppstår bör informationssystemet så tydligt som möjligt informera de som uppehåller sig i byggnaden om att utrymning av byggnaden ska inledas. Förslagsvis rekommenderas ett talat meddelande i kombination med övriga signaler såsom till exempel ringklocka och blyxtljus.

Fördelarna med ett talat meddelande är att information om att hissar kan användas vid utrymningen tydligt kan förmedlas och att förberedelse tiden blir kortare vid talat meddelande än med andra signaler. Kombinerat med tydlig skyltning bör detta underlätta för personer att hitta och använda utrymningshissarna.

Litteraturstudien har visat att det finns behov av ytterligare information när folk når hisslobbyn och generellt gäller att då relevant information förmedlas, är chansen större att folk handlar rationellt och tar rätt beslut. För att undvika otålighet och oro bör till exempel någon sorts information finnas i lobbyn om hur lång den förväntade väntetiden på hissen är. Denna information kan exempelvis förmedlas via en väl synlig display i anslutning till hissen.

Tvåvägskommunikation bör finnas tillgängligt i hisslobbyn, där kontakt kan upprättas med byggnadspersonal eller räddningstjänsten. Andra förslag på information som kan ges är vilken våning hissen befinner sig på, vad som inträffat och var detta skett.

Då personer trycker på hissens anropsknapp bör det tydligt framgå att detta har registrerats och att hissen kommer att anlända till våningen. För att minska risken för oro och klart och tydligt förmedla detta kan både ljud- och ljussignaler bekräfta anropet. För att undvika att hissen blir överlastad är det viktigt att tydligt informera om vilken kapacitet hissen har och hur många som därmed kan använda den samtidigt.

4.2.3 Styrfunktion

I litteraturstudien framkom förslag på flera olika sätt som hissen kan styras på under en utrymning. Detta kan ske antingen automatiskt eller genom manuell kontroll. fördelarna med automatisk kontroll är att utrymningen med hjälp av utrymningshiss kan inledas direkt då behovet uppstår, det vill säga att det inte behövs någon personal som initierar utrymningen. Detta får till följd att väntetiderna på hissen minimeras och att fel kopplade till den mänskliga faktorn undviks.

Automatiska system kan utformas så att möjligheten att kontrollera dem manuellt finns. Möjligheten att ta kontrollen över ett automatiskt system vore fördelaktigt ur utrymningssynpunkt då ett sådant system annars inte kan anpassa sig till oförutsedda händelser.

Denna fördel finns även i ett rent manuellt system där hissen kontrolleras helt av byggnadspersonal eller räddningstjänst. Nackdelarna med denna metod är dock att utrymningen inte kan inledas direkt då behovet uppstår, utan personal måste nå hissen eller annan kontrollstation innan den kan påbörjas. Påfrestningarna på den person som kontrollerar hissen blir stora eftersom mycket information ska tolkas och besluten som fattas kan få stora konsekvenser. Om denna personal befinner sig i hissen utsätter den sig också för risker genom att färdas upp i byggnaden vid till exempel brand.

En kombination av ett automatiskt system med möjligheten till manuell kontroll skulle kunna utnyttja många av fördelarna med respektive lösning samtidigt som en del av nackdelarna undviks. Förslagsvis

skulle detta kunna ske genom att ett automatiskt system används men med möjligheten att ta kontroll över detta från en kommunikationscentral. Denna kommunikationscentral skulle kunna fylla funktionen som en naturlig utgångspunkt för räddningstjänsten och personal inblandad i utrymningen. Från denna kommunikationscentral finns möjligheten att kunna kommunicera med de personer som befinner sig i hisslobbyerna via tvåvägskommunikation samt att övervaka förloppet, exempelvis via kameror placerade i hisslobbyerna. Från den plats där kommunikationscentralen är belägen placeras med fördel även kontrollen över andra aktiva system som kan finnas i byggnadens brandskydd, såsom till exempel brandgasluckor och fläktsystem. Denna central möjliggör för räddningstjänsten att få en överblick över situationen då de anländer via bland annat rapportering av byggnadspersonal. På grund av att denna kommunikationscentrals betydelse är det viktigt att säkra dess strömförsörjning. Detta gäller även det automatiska systemet som kontrollerar hissen.

4.2.4 Utrymningsordning

I litteraturstudien har förslag på i vilken ordning byggnaden bör utrymmas framkommit. En vanlig förekommande rekommendation är att brandplanet först utryms och därefter två våningar ovan och två våningar under detta i denna ordning.

Det rekommenderas också att hissen endast stannar på entréplanet och det plan som för tillfället utryms fram tills detta plan är tömt och utrymningen av nästa våningsplan inleds. Detta sparar tid eftersom onödiga stopp undviks och hissen därmed kan hålla en jämn hastighet.

Författarna av detta arbete anser dock att det i vissa fall kan vara fördelaktigt att frångå denna strategi för att få en så effektiv utrymning som möjligt. Om till exempel endast ett fåtal personer är kvar på ett våningsplan och därmed endast en liten del av hissens kapacitet används för att utrymma dessa bör möjligheten att göra ytterligare stopp finnas. Om detta behov skulle uppstå bör möjligheten finnas för personal i en eventuell kommunikationscentral att själva gå in och anpassa utrymningsstrategin.

4.2.5 Inverkan av mänskligt beteende

För att undvika att felaktiga beslut fattas är det viktigt att tillhandahålla relevant information om situationen. Då människor upplever att de själva har möjlighet att kontrollera sin situation minskar deras benägenhet till oro och risken att de fattar felaktiga beslut. Forskning har visat att människor tar beslut först efter att de inhämtat information och intryck samt värderat denna information. Tidig och tydlig information som möjliggör för människor att fatta beslut, till exempel om val av utrymningsväg, är därför av stor vikt.

4.2.6 Redundans

Om hissar utgör en del av utrymningslösningen i byggnaden måste deras funktion kunna säkerställas i alla lägen. Detta innebär att även om en hiss måste tas ur bruk för service, ska säkerheten vid utrymning kunna upprätthållas. Denna problematik kan lösas genom att flera utrymningshissar installeras eller att servicen sker då endast ett fåtal personer befinner sig i byggnaden eller då byggnaden är tom. De tekniska system som möjliggör driften av hissen och styr dess funktioner måste även de kunna säkerställas då personer befinner sig i byggnaden. Detta förutsätter att alla delar av hisssystemet har en inbyggd redundans, till exempel backup-system för strömförsörjningen och separat dragning av denna. Då hissen under en nödsituation skulle kunna fyllas över den kapacitet som den dimensionerats för, bör den utformas så att dess funktion inte störs vid överlastning. Förslagsvis bör den klara av den tyngd som maximal lastning innebär.

4.2.7 Utbildning

För att ett utrymningssystem med hissar ska kunna fungera på ett tillfredställande sätt är det viktigt att samtliga som kan komma att använda systemet är väl medvetna om hur det fungerar. Detta gäller både de som befinner sig där, de som ansvarar för byggnaden och räddningstjänstens personal. De som befinner sig i byggnaden, till exempel kontorspersonal, hotellgäster, besökande och boende, behöver få information

och kunskap om hur utrymningslösningen i byggnaden är upplagd och att hissarna är säkra att använda vid brand. De behöver också informeras om att hisslobbyn är en säker plats att uppehålla sig i under den tid de väntar på hissen.

De som ansvarar för byggnaden behöver utbildas i hur systemet fungerar och vilken roll de själva har i en utrymningsituation. De personer som eventuellt övervakar hissens utrymningsförlopp behöver god utbildning, speciellt om möjligheten finns att manuellt ta kontroll över styrningen av hissen.

Räddningstjänsten kommer att behöva kunskap om hur systemet är uppbyggt och vad det innebär för en eventuell insats. Möjligheten att använda utrymningshissen som angreppsväg kan förkorta räddningstjänstens transporttid till brandplanet men medför också att utrymningskapaciteten minskar. Det är viktigt att räddningstjänsten därför är medvetna om denna påverkan för att kunna planera sin insats på bästa möjliga sätt.

Räddningstjänsten bör också känna till hur hisssystemet styrs under en eventuell utrymning och hur hissarna kan kontrolleras manuellt om detta är nödvändigt. De bör också vara väl insatta i hur funktionerna i en eventuell kommunikationscentral fungerar, till exempel möjligheterna att kontakta personer som väntar i lobbyerna.

4.2.8 Nivå på brandskyddet i övriga delen av byggnaden

Eftersom användningen av utrymningshissar ställer krav på en hög nivå på brandskyddet bör övriga delar av byggnaden utformas för att motsvara denna nivå. Det ges till exempel i litteraturen förslag på att byggnader med utrymningshissar bör vara sprinklade.

5 Slutsatser

I detta avsnitt redovisas de slutsatser som kan dras av rapporten.

- Det är möjligt att använda utrymningshissar som en ersättning för ett trapphus.
- För att motsvara utrymningskapaciteten hos ett trapphus krävs ett flertal utrymningshissar.
- Utrymningshissar erbjuder en möjlighet för personer med nedsatt rörelseförmåga att oassisterat utrymma en byggnad.
- Utrymningshissar kan förkorta utrymningstiden vid en massutrymning av mycket höga byggnader.
- Det är möjligt att redan i dagsläget få människor att se hissar som en utrymningsväg och använda dessa.
- För att uppnå en tillfredställande säkerhetsnivå för de utrymmande ställs höga krav på den tekniska utformningen av en utrymningslösning med hissar.
- Information till användare och ansvariga är av stor vikt för att få utrymningshissar att fylla dess avsedda funktion.

Litteraturförteckning

Arbetsmiljöverket. www.av.se. *Arbetsmiljöverket*. [Online] [Hämtat: 24/11, 2009.]
<http://www.av.se/publikationer/skyltar/nodskyltar.aspx>.

Averill, Jason D.; Mileti, Dennis S.; Peacock, Richard D.; Kuligowski, Erica D.; Groner, Norman; Guylene, Proulx; Reneke, Paul A.; Nelson, Harald E. *Federal Bulding and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster; Occupant Behavior, Egress and Emergency Communications*. U.S. Government Printing Office, Washington : National Institute of Standards and Technology, U.S Department of Commerce, Technology Administration, 2005.

BBR. 2008. *Regelsamling för byggande*. Karlskrona : Boverket, 2008.

Bengtsson, Staffan, et al. 2005. *Brandskyddshandboken*. Lund : Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2005.

Bengtsson, Steen. 1997. *Handicap og funktionssämning i halvfemserne*. Socialforskningsintitutet 97:1. Copenhagen, Denmark : s.n., 1997.

Best, Richard and Demers, David P. 1980. *Report on the MGM Grand hotel fire*. National Fire Protection Association, 1980.

BFS 2008:6. *BBR 15*. Karlskrona : Boverket.

BFS 2002:19. *BBR 10*. Karlskrona : Boverket.

Boverket. 2008. *Regelsamling för bushållning, planering och byggande*. Karlskrona : Boverket, 2008. ISSN 1654-8817.

Boverket. 2006. *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona : Boverket, 2006.

BS 9999-6:2008. *Code of Practice for Fire safety in the design, management and use of buildings, BS 9999 Kapitel 6: Access and facilities for fire-fighting 2008*. British Standards Institute,, London, 2008.

BS 9999-G:2008. *Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings –Annex G: Recommendations for refuges and evacuation lifts*. British Standards Institute, London, 2008.

Bukowski, Richard W. 2008. *Emergency Egress from Ultra Tall Buildings*. Gaithersburg, Maryland : NIST Building and Fire Research Laboratory, 2008.

Bukowski, Richard W. 2007. *Emergency egress strategies for buildings*. Gaithersburg, Maryland, USA : NIST Building and Fire Research Laboratory, 2007.

Bukowski, Richard W. 2005. *Protected Elevators For Egress And Access During Fires In Tall Buildings*. Gaithersburg, MD : National Institute of Standards and Technology, 2005.

Chapman, Elmer F. 1990-91. *Elevator design for the 21st century: Design criteria for elevators when used as the primary means of evacuation during fire emergencies*. Journal of Applied Fire Science. 1990-91, Vol. 1(4), pp. 339-347.

Charters, D. A.; Smith, D. A.; Chitty, R.; Fraser-Mitchell, J. 2008. *The effects of using passenger lifts and escalators for the evacuation of building occupanst in fire and other emergencies in high rise buildings and underground*

complexes. Proceedings of the 7th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods. 16-18 April 2008. Auckland : s.n., 2008.

CTBUH. 2004. *Emergency evacuation elevator systems guideline*. Chicago : Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2004.

Eureka Skydeck 88. Eureka Skydeck 88. [Online] [Hämtat: 28/9, 2009.]
<http://www.eurekaskydeck.com.au/cool-tower-facts.asp>.

Fahy, R F and Proulx, G. 2009. *'Panic' and human behaviour in fire*. NRCC-51384. s.l. : National research council Canada, 2009.

Fahy, Rita F and Proulx, Guylène. 2005. *Analysis of Published Accounts of the World Trade Center Evacuation*. National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce, 2005.

Fahy, Rita F. 1995. *The study of occupant behavior during the world trade center evacuation - preliminary report of results*. Quincy, MA : NFPA, 1995.

Frantzych, Håkan. 2000. *Tid för utrymning vid brand*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. Karlstad : Räddningsverket, 2000.

Groner, Norman E and Levin, Bernard M. 1992. *Human Factors Considerations in the Potential for Using Elevators in Building Emergency Evacuation Plans*. Gaithersburg : National institute of standards and technology, 1992. NIST GCR 92-615.

Groner, Norman E and Levin, Bernard M. 1995. *Will building occupants use elevators for evacuation? Factors affecting compliance with the emergency plan*. Symposium on Elevators, Fire and accesability, Baltimore, Maryland 1995.

Groner, Norman E. 1995. *Selecting strategies for elevator evacuations*. The 2nd Symposium on Elevators, Fire and Accessibility. April 19-21, Baltimore, Maryland., 1995.

Heyes, Emma. 2009. *Human Behaviour Considerations in the Use of Lifts for Evacuation from High Rise Commercial Buildings*. Christchurch, New Zealand : Department of Civil Engineering, University of Canterbury, 2009.

Kinsey, Michael J., Galea, Edwin R. and Lawrence, Peter J. 2009. *Investigating the use of elevators for high-rise building evacuation through computer simulation*. Cambridge : Proceedings of the 4:the international symposium on human behaviour in fire, 2009.

Klote, John H. 1982. *Elevators as a Means of Fire Escape*. Washington, DC : U.S. Department of Commerce, 1982.

Klote, John H.; Alvord, Daniel M.; Levin, Bernard M.; Groner, Norman E. 1992. *Feasibility and Design Considerations of Emergency Evacuation by Elevators*. U.S. Department of Commerce. Gaithersburg, MD : National Institute of Standards and Technology, 1992. NISTIR 4870.

Klote, John H.; Deal, Scot P.; Donoghue, Edward A.; Levin, Bernard M.; Groner, Norman E. 1993. *Fire Evacuation By Elevators*. Elevator World, Vol. 41, No. 6. Juni 1993, pp. 66-70, 72-75.

Kuligowski, Erica D. and Bukowski, Richard W. 2004. *Design of Occupant Egress Systems for Tall Buildings*. Gaithersburg, MD : National Institute of Standards and Technology, 2004.

- Kuligowski, Erica D. 2003.** *Elevators for occupant evacuation and fire department access.* National institute of standards and technology. Gaithersburg : Proceedings of the CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, 8-10 May, Malaysia, 2003.
- Kuligowski, Erica D. 2009.** *The Process of Human Behavior in Fires.* Gaithersburg : National institute of standards and technology, 2009. NIST Technical Note 1632.
- Larsson, Daniel. 2006.** *Åtgärder för förbättring av brandskyddet i Riksdagshuset.* Bygg & teknik. 6, 2006.
- NFPA 101. 2009.** *Life Safety Code: Code for Safety to Life from Fire in Buildings and Structures (2009 Edition).* NFPA, Quincy, MA. 2009.
- Nilsson, Daniel. 2009.** *Exit choice in fire emergencies - Influencing choice of exit with flashing lights.* Lund : Lunds Tekniska högskola, Brandteknik, 2009.
- Pauls, Jake L. 1977.** *Management and movement of building occupants in emergencies.* Ottawa : National Research Council Canada, 1977.
- Pauls, Jake, Gatfield, Albert J and Juilliet, Edwina. 1991.** *Elevator use for egress: The human-factors problems and prospects.* ASME symposium on fire and elevators. New York : American society of mechanical engineers, 1991.
- Proulx, G, Reid, I and Cavan, N. 2004.** *Human behavior study – Cook County Administration Building Fire October 17, 2003 Chicago Illinois.* Ottawa : National Research Council Canada, 2004. Research Report No.181.
- Proulx, G. 2004.** *Evacuation by Elevators – who goes first?* NRCC-46298. s.l. : National research council Canada, 2004.
- Proulx, G.; Heyes, E.; Hedman, G.; Averill, J.; Pauls, J.; McColl, D.; Johnson, P. 2009.** *The use of elevators for egress.* Canada : NRC Institute for Research in Construction, 2009.
- Proulx, Guylène and Reid, Irene M.A. 2006.** *Occupant Behavior and Evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire.* Journal of Fire Protection Engineering. 2006, Vol. 16, pp. 283-309.
- Quiter, James R. 1996.** *An Application of Performance Based Concepts at the Stratosphere Tower, Las Vegas Nevada.* Deerfield, IL : Rolf Jensen and Associates, Inc., 1996.
- Segerlind, Lars-Gunnar. 2008.** WSP Göteborg. [Mailkorrespondens]. Lund : den 24/11, 2008.
- Sekizawa, A.; Ebihara, M.; Notake, H.; Kubota, K.; Nakano, M.; Ohmiya, Y.; Kaneko, H. 1999.** *Occupants Behaviour in Response to the High-rise Apartments Fire in Hiroshima City.* Fire and Materials. 1999, 23, pp. 297-303.
- Siddens, Scott. 2008.** *Rethinking high-rise egress, top to bottom.* Consulting - Specifying Engineer. Jan 2008, Vol. 43, p. 32.
- Siikonen, Marja-Liisa, Bärlund, Kim and Kontturi, Risto. 2003.** *transportation design for building evacuation.* KONE Corporation, 2003.
- SS-EN 81-72. 2003.** *Safety Rules for the construction and installation of lifts - Particular applications for passenger and goods passenger lifts - Part 72: Firefighters lifts.* Brussels, Belgium : European Committee for Standardization, 2003. EN 81-72:2003 E.

Strakosch, George R., [ed.]. 1998. *The vertical transportation handbook*. New York : John Wiley & sons. inc, 1998.

Vanney, Aaron F. and Chan, Choi Doo. 2009. *Super-Tall Building Design: Use of Performance-Based Requirements to Provide Design Flexibility and an Understanding of Building Performance*. Chicago : Rolf Jensen and Associates, Inc., 2009.

Bilaga A. Rekommendationer till utformning av utrymningshiss

I detta avsnitt ges förslag framtagna av författarna på hur utrymningshissar kan utformas.

Allmänna råd om utrymningshissar

- **Likvärdig nivå på hela systemets brandskydd**
Ett system för utrymning med utrymningshissar skall utformas så att utrymningssäkerheten motsvarar den hos ett trapphus i klass Tr1.
- **Nivå på brandskyddet i övriga delar av byggnaden**
Övriga delar av byggnaden bör ha en sådan nivå på brandskyddet att personsäkerheten i hisslobbyen kan upprätthållas under den tid som utrymningen pågår. Både aktiva och passiva system kan användas för att höja nivån på brandskyddet, till exempel brandcellsavgränsningar, brandgasluckor och sprinklersystem. En byggnad där utrymningshissar finns installerade bör utrustas med en kommunikationscentral. Hur en sådan kommunikationscentral kan utformas och vilka funktioner den kan fylla beskrivs under avsnittet utformning.

Tillgänglighet

- **Anpassning till varierande förutsättningar**
Ett system för utrymning med utrymningshissar skall utformas så att det kan användas av alla personer som befinner sig i byggnaden. Detta innebär bland annat att systemet bör utformas så att individer med rullstol, permobil, rullator eller som transporteras med bår kan använda det och erbjudas samma säkerhetsnivå som övriga användare. Till exempel skall passager till hisslobby och hiss anpassas efter detta och utrustning som avses att användas av utrymmande placeras på en sådan höjd att den nås av alla som kan befinna sig i byggnaden.

Styrfunktion

- **Utrymningsordning**
Vid en utrymning skall hissen i första skedet utrymma det plan där störst hot föreligger, exempelvis brandplanet. Därefter bör två våningar över detta plan, följt av två våningar under utrymmas. Först efter detta kan övriga delar av byggnaden succesivt evakueras från topp till botten. Om hela byggnaden är hotad töms byggnaden med fördel från översta till understa våningen.
- **Kontrollsystem**
Hissen bör kontrolleras av ett automatiskt system där utrymning med hissar initieras direkt när brand eller annat hot har detekterats. Möjligheten bör finnas, för säkerhetsansvariga och räddningstjänst, att under utrymningen manuellt ta kontroll över hissen. Detta skulle kunna utföras från kommunikationscentralen.

Informationssystem

- **Funktion**
Om utrymningshissar används skall de som befinner sig i byggnaden göras medvetna om detta, informeras om hur de använder sig av hissarna för att utrymma och var de är placerade.
- **Utformning**
Informationssystemet ska utformas på ett sådant sätt att den information som förmedlas når alla som är berörda och det tydligt framgår vad som hänt och vilka åtgärder som bör vidtas.

Informationssystemet skall utgöras av flera delar, där talat meddelande, tydlig skyltning och möjlighet till tvåvägskommunikation mellan hisslobby och kommunikationscentral bör ingå.

Utbildning

- **Personal**

Den personal som har sin arbetsplats i byggnaden skall ha god kännedom om att utrymningshissar är en del av utrymningslösningen. Utbildning av personalen i hur utrymningsstrategin i byggnaden är utformad bör ingå som en del av det systematiska brandskyddsarbetet.

- **Besökande och gäster**

Personer som vistas tillfälligt i byggnaden, till exempel konferans- och hotellgäster, bör informeras om utrymningslösningen då de inträder i byggnaden. Detta kan förslagsvis ske vid incheckning eller inregistrering.

- **Byggnadsansvariga**

Den personal som ansvarar för byggnadens säkerhet skall ha ingående kunskaper i hur utrymningslösningen är utformad och fungerar. Detta innebär att de skall ha utbildning i hur hissen framförs manuellt och hur kommunikationen med hisslobbyn sker. De bör även ha insikt i vilken problematik som kan uppstå i samband med en utrymning via hissar för att på bästa sätt kunna besluta om eventuella ändringar i utrymningsstrategin. Minst en person med denna kompetens bör alltid finnas tillgänglig i byggnaden.

- **Räddningstjänst**

Räddningstjänsten skall ha kunskap om att utrymningslösningen involverar utrymningshissar. Detta skall framgå i insatsplanen för byggnaden.

Räddningstjänsten bör ha utbildning i hur utrymningshissen kan användas i insatsarbetet och vad detta innebär för utrymningen av byggnaden.

Utformning

- **Hisskorg**

Hisskorgen skall minst uppfylla de krav på storlek och utformning som ställs av Boverket gällande hissar avsedda för persontransport. Möjlighet skall finnas att vid behov kunna evakuera hisskorgen, exempelvis via en lucka i taket.

- **Hisschakt**

Hisschaktet skall utgöra en egen brandcell och utformas så att evakuering via schaktet är möjlig. Detta kan exempelvis åstadkommas med en stege fäst i schaktets vägg och möjlighet att öppna hissörrarna innifrån schaktet. Med fördel inaktiveras denna möjlighet på de plan där brand eller annat hot detekterats. Vidare bör hisschaktet vara övertryckssatt för att hindra inträngning av brandgaser och eliminera tryckskillnader mellan schaktet och hisslobbyn.

Botten av schaktet bör förses med dränering och de elektriska komponenter som är placerade där skall vara vattentåliga.

- **Hisslobby**

Hisslobbyn skall utgöra en egen brandcell och vara försedd med utrustning för tvåvägskommunikation med kommunikationscentralen eller räddningstjänsten. Storleken på hisslobbyn skall anpassas efter antalet personer på respektive våningsplan och erbjuda sådan golvyta att trängsel undviks.

För att underlätta beslut och undvika oro bör informationsskyltar som visar förväntat väntetid och hissens position finnas i hisslobbyn.

- **Kommunikationscentral**

Kommunikationscentralen bör placeras i byggnadens entréplan. Den utrustning som finns i

kommunikationscentralen skall skyddas mot påverkan av brand och ha minst två av varandra oberoende strömkällor. Utrustningen skall erbjuda kommunikationsmöjligheter med hisslobby och bör även ge möjlighet att övervaka utrymningen.

Kapacitet

- Dimensionering av hisskapaciteten

Kapaciteten hos hisssystemet skall anpassas till byggnadens förutsättningar. Detta innebär att byggnadens storlek, våningsantal, populationsstorlek och verksamhet skall beaktas. Om hiss används som ersättning av annan utrymningsväg bör minst två utrymningshissar vara tillgängliga. Detta ökar sannolikheten att minst en av hissarna alltid är brukbar.

Driftsäkerhet

- Överlastning

Lastningskapaciteten för hissen bör vara sådan att hissen inte sätts ur drift även om den överlastas. Förslagsvis bör hissen klara av att fyllas maximalt.

- Strömförsörjning

All elektronik som ingår i ett utrymningssystem med hissar skall ha minst två separata strömkällor. Detta innefattar både driften av hissen, belysning och elektronik i lobby och hisskorg samt kommunikationscentralen.

- Datorsystem

Datorsystemet som kontrollerar hissarna skall utformas med ett reservsystem som träder in i händelse av eventuella störningar och upprätthåller driften av utrymningshissarna.

- Maskinrum

Hissmaskinrummet skall utgöra en egen brandcell. Det skall också skyddas mot driftstörningar orsakade av brand och vatten. Detta kan åstadkommas med till exempel ett gasläcksystem och en placering av maskinrummet där det skyddas från släckvatten och andra vattenskador. För att ytterligare höja driftsäkerheten kan vattentåliga komponenter användas.

Bilaga B. Simulex

Simulex¹ är en utrymningssimulator utvecklad av Integrated Environmental Solutions, som används till att simulera utrymningsförlopp och för att beräkna tiden för förflyttning och utrymning. Programvaran bygger på studier av mänskligt beteende från bland annat videoinspelningar av människoflöden. Tvådimensionella ritningar av byggnaden läggs in i programmet och utgångar definieras av användaren. Ett önskat antal personer placeras in och dessa rör sig sedan mot den närmaste utgången, om inte användaren har definierat annat.

Förutom till beräkningar av utrymningstiden kan programmet användas till att identifiera flaskhalsar och andra problem. Personerna tilldelas en varseblivnings- och reaktionstid och även en gånghastighet. Dessa egenskaper kan varieras beroende på om personen ser branden eller inte, vilken typ av utrymningslarm som är installerat och personegenskaper som avgör gånghastighet, till exempel ålder.

Gånghastigheten hos de simulerade personerna sätts utefter vilken personkategori de tillhör. Hastigheten utgörs av ett normalvärde och en standardavvikelse och fördelas däremellan slumpmässigt.

Vid förflyttning i trappor modifieras gånghastigheten med en skalfaktor, som beror på personkategori och om förflyttningen sker uppför eller nedför trappan.

Indata

Alla dörröppningar och trappor antogs vara 90 cm breda. Längden på trapporna sattes till 12 m och i alla simuleringar var populationen jämt fördelad över respektive våningsplan.

I de fall där byggnaderna var i 60 våningsplan sammansattes 5 trappor till en för att underlätta simuleringsarbetet. Detta innebar att vissa avstånd som annars skulle ha varit plan mark istället utgjorde trappa där personer går långsammare. Utrymningstiderna kan därför teoretiskt sett ha blivit något förlängda, vilket dock inte anses vara av speciellt stor vikt eftersom köbildning uppstod i de flesta fall och därmed var den faktor som kontrollerade gånghastigheten.

Egenskaper hos populationerna antogs vara de förspecificerade i Simulex, se följande rubriker för respektive verksamhet. Mer populationsdata finns men endast den mest relevanta redovisas här. För mer information hänvisas till programmet.

Kontorsverksamhet

Population: 60% män och 40% kvinnor.

Egenskaper hos män:	Obehindrad gånghastighet: 1,35 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,2$ m/s <u>Skalfaktor för gånghastighet nedför trappor: 0,6</u>
Egenskaper hos kvinnor:	Obehindrad gånghastighet: 1,15 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,2$ m/s <u>Skalfaktor för gånghastighet nedför trappor: 0,6</u>
Egenskaper hos rörelsehindrade: (används endast i vissa scenarier, se avsnitt 3.5.2)	Obehindrad gånghastighet: 0,8 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,37$ m/s <u>Skalfaktor för gånghastighet nedför trappor: 0,4</u>

Hotellverksamhet

Population: 49% män, 35% kvinnor, 5% barn och 11% äldre.

Egenskaper hos män:	Obehindrad gånghastighet: 1,35 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,2$ m/s <u>Skalfaktor för gånghastighet nedför trappor: 0,6</u>
Egenskaper hos kvinnor:	Obehindrad gånghastighet: 1,15 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,2$ m/s

¹ För mer information om Simulex, se <http://www.iesve.com/Software/VE-Pro/Simulex> (Hämtad 2010-06-28) eller Användarmanualen till programvaran.

Egenskaper hos barn:	Skalfaktor för gånghastighet nedför trappor: 0,6 Obehindrad gånghastighet: 0,9 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,3$ m/s
Egenskaper hos äldre:	Skalfaktor för gånghastighet nedför trappor: 0,6 Obehindrad gånghastighet: 0,8 m/s Variation av gånghastighet: $\pm 0,3$ m/s

Bilaga C. ELVAC

ELVAC (Elevator Evacuation) är ett program framtaget av NIST som används till att beräkna evakueringstider för utrymning via hissar (Klote, o.a., 1992). Endast en grupp hissar kan simuleras men om man ska beräkna utrymning med flera grupper kan programmet köras upprepade gånger. Programmet möjliggör för användaren att definiera våningshöjd, antal personer, antal hissar i gruppen, hisshastighet, hissacceleration, hisskapacitet, typ av hissdörr och ineffektivitetsvärden. Programmet antar att hissarna är fulla vid varje transport. Vidare antas alla som använder hissen redan befinna sig i respektive hisslobby när evakueringen startar. När simuleringen påbörjas beräknas hissen först åka från den mest avlägsna våningen till bottenplan och låta de som använder den gå ut innan den påbörjar skytteltrafik för att tömma byggnaden.

Indata

För att utföra beräkningar med hissimuleringsprogrammet ELVAC specificeras data om byggnadens höjd, personantal och vilka tekniska egenskaper hissen skall ha. Vissa parametrar varierar beroende på det antal våningar som simuleras, till exempel hissens hastighet, medan vissa parametrar är samma för alla simuleringar. Detta gäller till exempel hissens storlek. De indata som använts vid simuleringarna presenteras nedan.

Generella indata

Dessa indata förändras inte utan gäller vid samtliga simuleringar.

Hissen

Storleken på hissen har satts till $2.1 * 1.1$ m, baserat på den minst godkända hisstorleken för byggnader med ett våningsantal överstigande 4 plan (BFS 2008:6). Den minsta godkända storleken har använts för att resultaten skall kunna betraktas som konservativa. Dessa data skrivs inte in i programmet utan har använts för att beräkna hur många personer som får plats i hissen.

Observationer har visat att det personantal som kan förväntas i en hiss med storleken $2.1 * 1.3$ m är 10 personer (Strakosch, 1998). Skalning mellan denna hisstorlek och den storlek som använts vid simuleringarna ger att 8 personer ryms i den senare.

I programmet anges vilken typ av dörr som hissen skall ha. Denna har ansatts vara av typ F, vilket innebär en centeröppnande dörr med bredden 1.1 meter.

Byggnaden

Avståndet från golv till golv på varje våning har satts till 2.9 meter. Rumshöjden, det vill säga avståndet mellan golv till tak, i bostäder och i arbetsrum ska vara minst 2.4 meter (BBR, 2008). Till detta avstånd adderas några decimeter med hänsyn till variationer och mellanbjälklag.

Personantalet i byggnaden varierar beroende på vilken verksamhet som utövas. Vid kontorsverksamhet ansätts 47 personer per våning och vid hotellverksamhet 30 personer per våning.

Varierande indata

Dessa indata kan förändras beroende på vilken hastighet och acceleration som önskas för hissen men utgörs även utav ineffektivitetsfaktorer som tar hänsyn till diverse fördröjningsfaktorer under simuleringen.

Hastighet och acceleration

Antalet våningar i byggnaden kommer att påverka hissens hastighet och acceleration. Byggnadens verksamhet har dock ingen påverkan på dessa parametrar utan de indata som presenteras i Tabell 25 nedan är samma både för kontors- och hotellverksamhet.

Tabell 25. Hiss hastigheter och accelerationer. (Segerlind, - 2008), (Strakosch, 1998)

Antal våningar	8	12	20	60
Hastighet (m/s)	1.0	1.6	2.5	6.0
Acceleration (m/s ²)	0.66	0.76	0.86	1.1

De hastigheter som används är rekommenderade hisshastigheter för kontorsbyggnader (Strakosch, 1998). Där information saknats i litteraturen har värden för normala hisshastigheter i Sverige använts (Segerlind, - 2008). Hissens acceleration har beräknats med hjälp av värden på hur lång tid det tar för hissen i de olika fallen att uppnå maximal hastighet (Strakosch, 1998).

Ineffektivitetsfaktorer

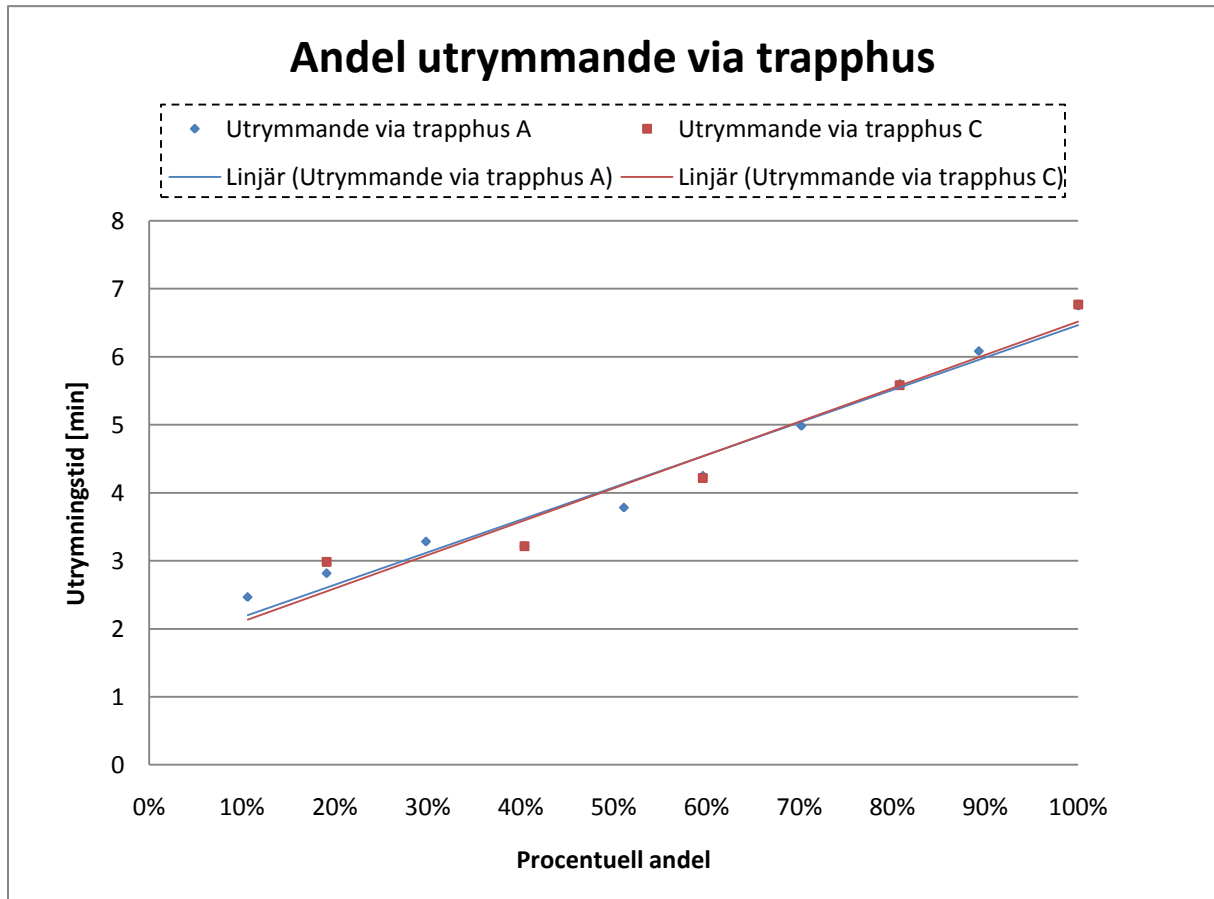
Utöver hissens hastighet och acceleration behöver även information om ineffektivitetsfaktorer anges. Dessa faktorer utgörs av en basineffektivitetsfaktor som tar hänsyn till tidförluster vid våningsstopp, stopp på tomma våningar, öppnande och stängande av hissdörrar och oförutsägbarhet hos människor. Därtill tillkommer en ineffektivitetsfaktor för dörrarna, som justerar för ökningarna i transporttid jämfört med den dörr som programmet använder som referensdörr. De bägge faktorerna har haft samma värde för alla genomförda simuleringar. Det finns även en ineffektivitetsfaktor som tar hänsyn till ovanliga former på hisskorgen och/eller begränsningar hos passagerarnas fysiska förmåga. Denna sätts till 0 för kontor (Klote, o.a., 1992) och samma värde har i våra simuleringar valts att användas vid hotell för att inte försvåra jämförelser mellan de bägge fallen.

Vid simuleringarna har baseffektivitetsfaktorn satts till 0.1, ett värde som är vad programmet rekommenderar för de flesta typer av simuleringar när hissarnas placering inte anses vara avvikande från vad som kan antas vara normalt (Klote, o.a., 1992). Detta värde anses därför vara användbart för de simuleringar som genomförts i rapporten.

Den ineffektivitetsfaktor som justerar för dörrarnas öppnings- och stängningstid beräknar programmet själv utifrån vilken hissdörr som ansätts. För de simuleringar som genomförts i rapporten har dörr F använts i samtliga fall, vilket ger en ineffektivitetsfaktor på 0.05.

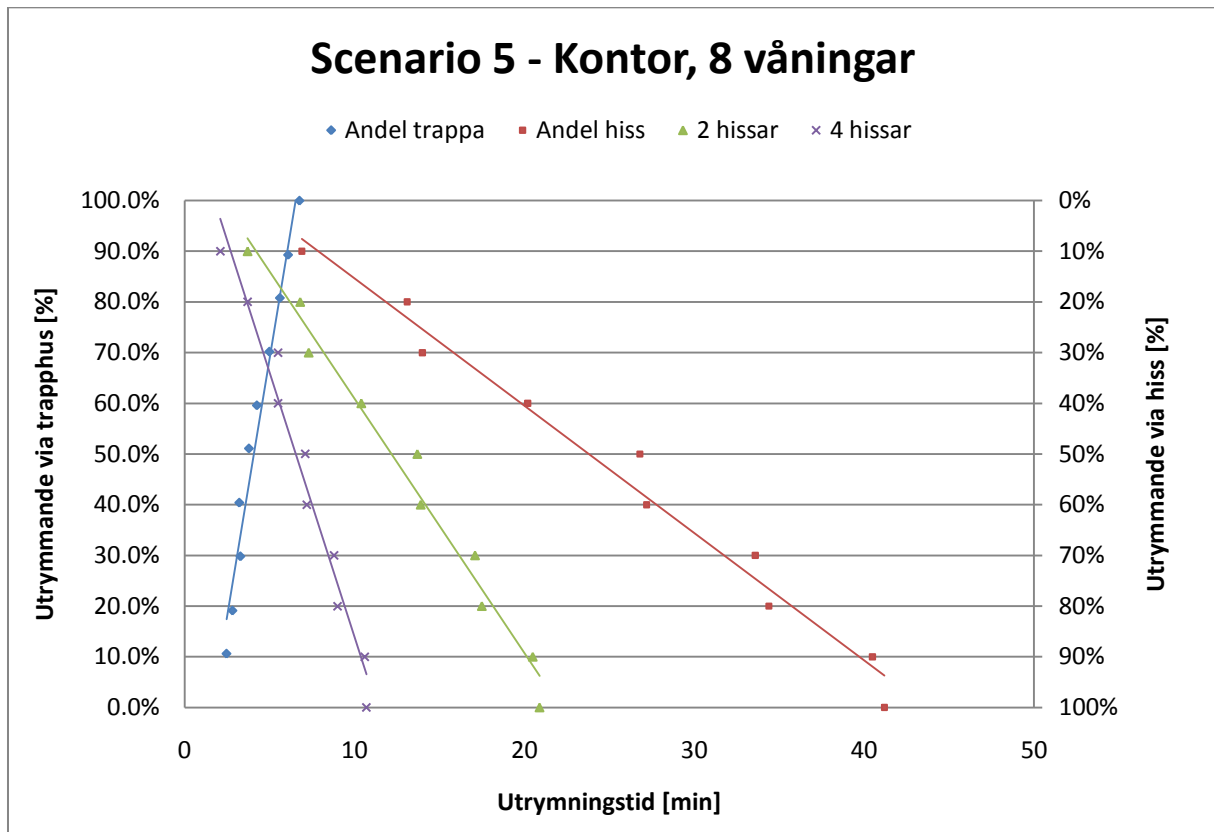
Bilaga D. Jämförelse i förflyttningstid mellan trapphus A och Trapphus C

För att undersöka om det föreligger någon skillnad i förflyttningstid ut ur byggnaden beroende på om trappan är belägen på placering A eller placering C i fall 4 och 5 utförs simuleringar i jämförande syfte. I dessa jämförs förflyttningstiden mellan respektive trapphus för en 8-våningars byggnad med 47 personer per våning. Två simuleringar utfördes, en där trapphus A var den enda tillgängliga utrymningsvägen och en motsvarande för trapphus C. För att validera att det inbördes förhållandet i förflyttningstid inte var beroende av byggnadens personantal varierades denna andel. Resultatet visas i Figur 22. Andel utrymmande via trapphus A respektive B



Figur 22. Andel utrymmande via trapphus A respektive B

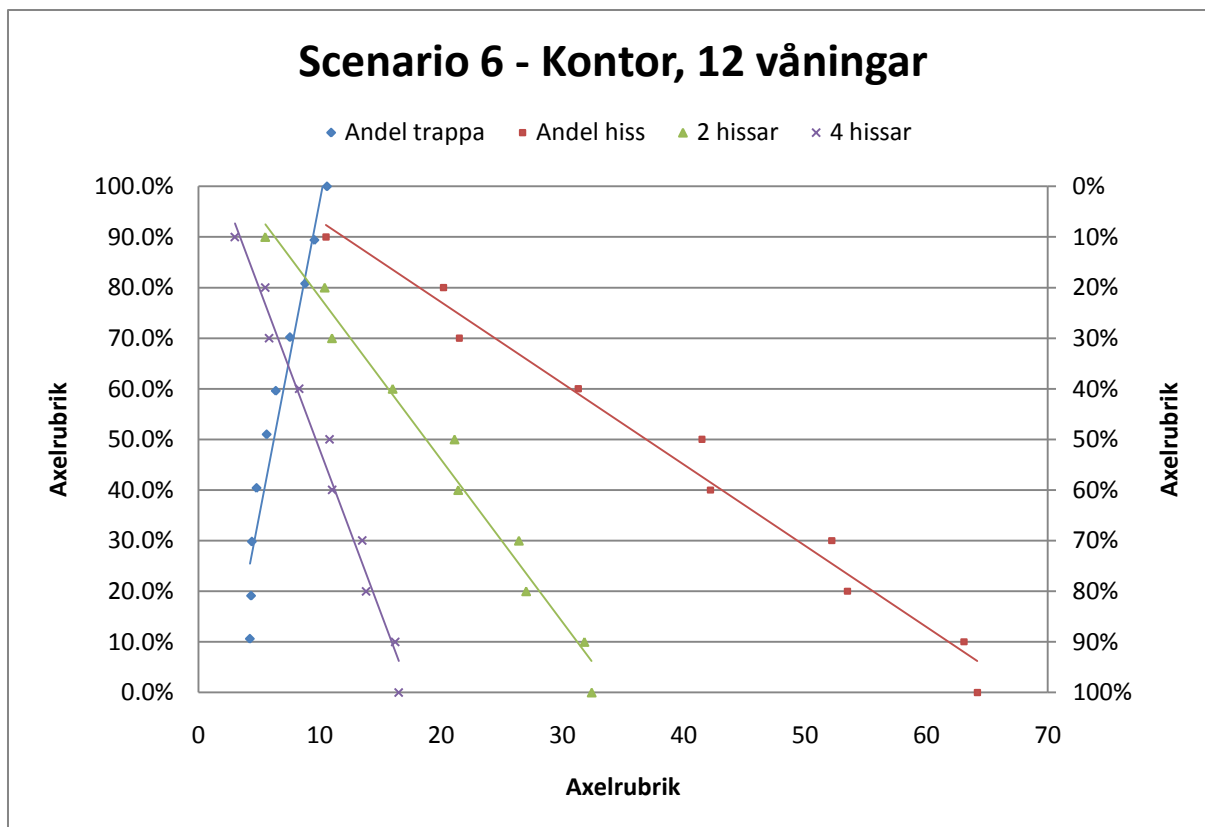
Bilaga E. Simuleringsresultat för scenario 5,6, 13 och 14



Figur 23. Simuleringsresultat scenario 5.

Tabell 26. Simuleringsresultat scenario 5.

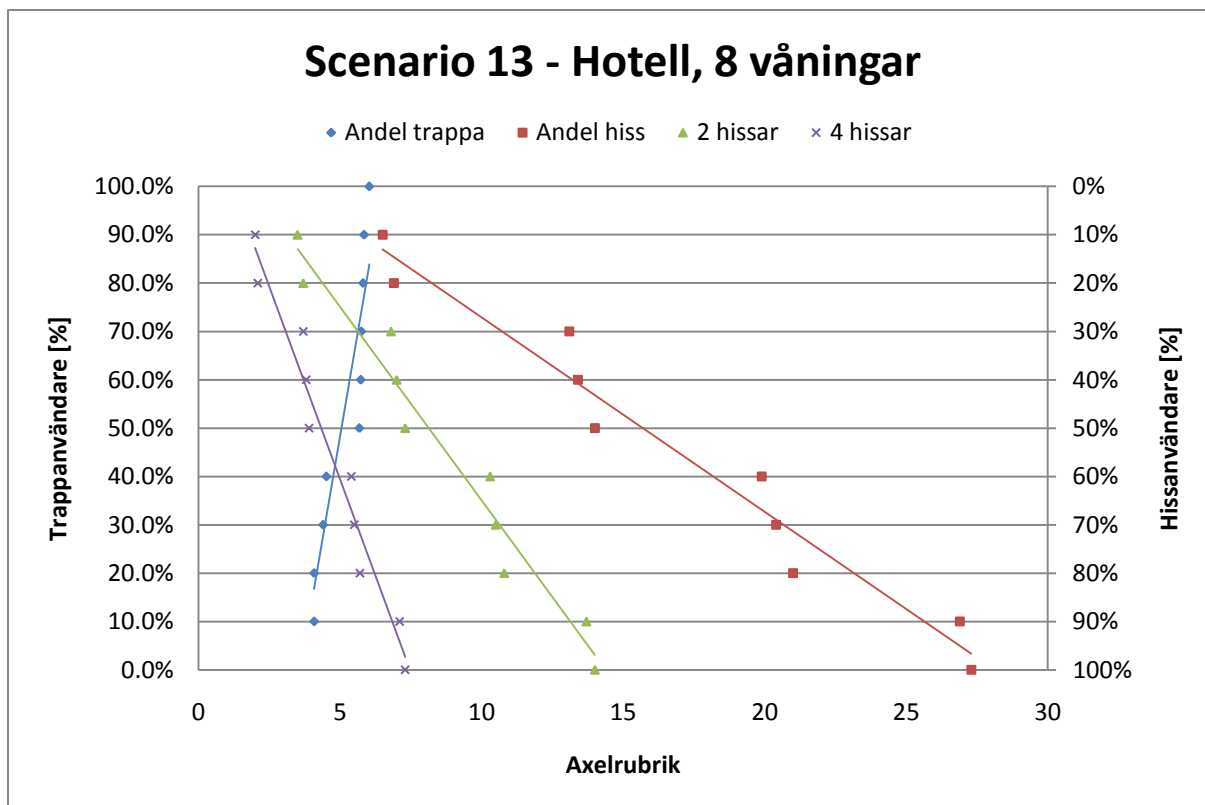
Scenario 5 – Kontor, 8 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	6,2	41,2	5,9 %
En trappa två hiss	5,7	20,9	17,4 %
En trappa fyra hiss	4,9	10,7	33,0 %
Två trappor	4,0	4,0	0 %



Figur 24. Simuleringsresultat scenario 6.

Tabell 26. Simuleringsresultat scenario 6.

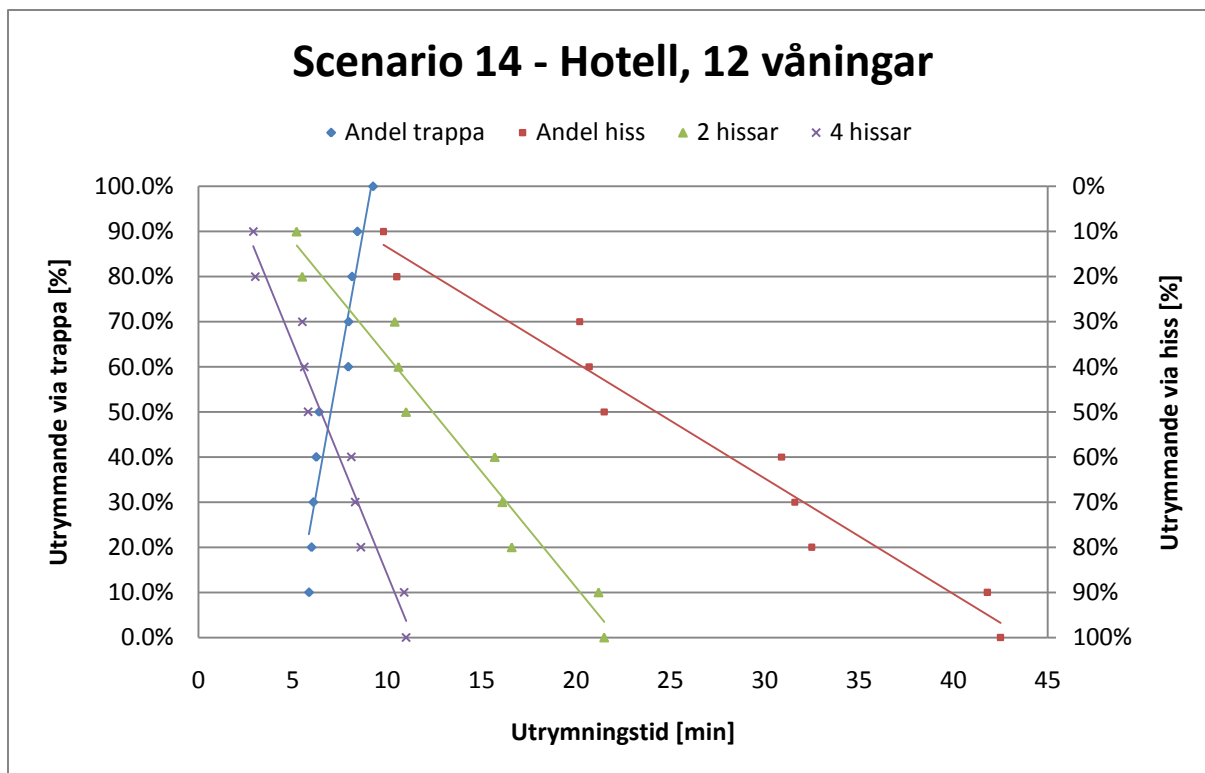
Scenario 6 – Kontor, 12 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	9,7	64,2	6,3 %
En trappa två hissar	8,8	32,4	18,1 %
En trappa fyra hissar	7,4	16,5	35,5 %
Två trappor	5,9	5,9	0 %



Figur 25. Simuleringsresultat scenario 13.

Tabell 27. Simuleringsresultat scenario 13.

Scenario 13 – Hotell, 8 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	6,2	27,3	11,7 %
En trappa två hissar	5,6	14,0	30,0 %
En trappa fyra hissar	4,8	7,3	57,8 %
Två trappor	6,6	6,6	0 %



Figur 26. Simuleringsresultat scenario 14.

Tabell 28. Simuleringsresultat scenario 14.

Scenario 14 – Hotell, 12 våningar			
Utrymningsvägar	Kortaste förflyttningstid [min]	Längsta förflyttningstid [min]	Andel hissanvändare vid kortaste förflyttningstid
En trappa en hiss	8,7	42,5	10,2 %
En trappa två hiss	8,0	21,5	27,3 %
En trappa fyra hiss	6,8	11,0	53,8 %
Två trappor	7,8	7,8	0 %