



Brandteknisk riskvärdering av **Scandic Infra City**

Victor Kvamme, Magnus Norberg, Sebastian Sivam Wada

Lund 2013

Brandteknisk riskvärdering

Scandic Infra City, Upplands Väsby

Victor Kvamme
Magnus Norberg
Sebastian Sivam Wada

Lund 2013

OBSERVERA!

Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.

Titel/Title:

Brandteknisk riskvärdering av Scandic Infra City, Upplands Väsby
Fire safety evaluation of Scandic Infra City, Upplands Väsby

Rapportnummer/Report number:

9439

Författare/Authors:

Victor Kvamme, Magnus Norberg, Sebastian Sivam Wada

Antal sidor/Number of pages:

135

Handledare/Mentor:

Robert Jönsson

Kontaktperson/Contact Scandic Infra City:

Jonas A Irvebrant

Omslagsfoto/Cover photo:

Sebastian Sivam Wada

Nyckelord:

Brandteknisk riskvärdering, utrymning, personsäkerhet, brandscenarier, Scandic, Infra City, Simulex, @risk, FDS, CFAST, Detact T2, kritiska förhållanden, effektutveckling, riskvärdering, strålning, besluts- och reaktionstid, varseblivningstid, förflyttningstid, systematiskt brandskyddsarbete.

Keywords:

Fire scenarios, fire safety evaluation, Scandic, Infra City, Simulex, @risk, FDS, CFAST, Detact T2, critical conditions, life safety, evacuation, heat release rate, risk evaluation, radiation, gas layer, decision, reaction, detection.

© The Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Faculty of Engineering,
Lund University, Lund 2013.

**Avdelningen för
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

Abstract

This report evaluates the person safety in case of fire at Scandic Infra City's hotel and conference facilities in Upplands Väsby. A number of dimensioning fire scenarios were analyzed. The report concludes that the fire safety goal is not met for all scenarios.

Förord

Denna rapport är en del i den obligatoriska kursen Brandteknisk riskvärdering som läses under tredje året på brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Rapportens syfte är att utvärdera personsäkerheten vid uppkomst av brand i Scandics lokaler på Infra City i Upplands Väsby.

I kursen ingår en skriftlig rapport samt en muntlig presentation av arbetet där målet är att få erfarenhet i brandteknisk riskvärdering samt att utveckla studenternas analytiska förmåga.

Ett tack går till personer vars hjälp har varit betydlig för kvalitén på denna rapport:

Robert Jönsson, handledare för projektgruppen som har hjälpt till med sin kunskap och sina kontakter.

Jonathan Wahlqvist, doktorand på Brandteknik som har varit behjälplig under framförallt programmeringen och simuleringen i FDS.

Bjarke Rosenberg, kontaktperson på Brandkåren Attunda och till hjälp under besöket på Infra City samt för att få fram information från Brandkåren Attunda.

Daniel Malm, kontaktperson på Brandkåren Attunda och till hjälp vid granskning av rapporten.

Jonas A Irvebrant, Hotel Manager på Scandic Infra City och kontaktperson för Scandic under arbetet.

Mikael Ericsson, Fastighetsskötare och tekniker på Scandic Infra City.

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand för Scandics lokaler på konferens- och hotellanläggningen Infra City i Upplands Väsby.

Analysen föregicks av ett platsbesök där utrymningsvägar, befintligt brandskydd och potentiella brandscenarier identifierades. Vidare fördes kvalitativa resonemang baserade på platsbesök och annan tillgänglig information varvid ett antal dimensionerande brandscenarier valdes. Med hjälp av handberäkningar samt simuleringsverktyg så som FDS, CFAST och Simulex togs sedan *tid till kritiska förhållanden* samt *utrymningstid* fram. Dessa två tider ställdes mot varandra varpå en bedömning av utrymningssäkerheten kunde göras.

Två representativa scenarier valdes ut: *mässhallen* samt *kongresshallen*. Ett skydds mål definierades som att alla personer ska kunna utrymma säkert i händelse av brand. Rapportens slutsats är att skyddsmålet inte uppfylls för brandscenariot i kongresshallen. En rad erfordrade åtgärdsförslag som **ska** utföras för att uppnå skyddsmålet samt kompletterande åtgärder som **bör** utföras för att ytterligare förbättra utrymningssituationen redovisas nedan.

Erfordrade åtgärder som skall utföras

- Se över utrymningsskyltningen inför varje evenemang.
- Se över utrymningsvägarna inför varje evenemang så att ingen är blockerad eller begränsad.
- Byt ut skjutdörren i mässhallen mot en dörr med panikregel.
- Ha genomgång av utrymningssituationen innan varje evenemang.
- Utred vidare om brandgasventilation i kongresshallen.

Kompletterande åtgärder som bör utföras

- För event i mässhallen så som melodifestivalen ska utrymningsvägar tydligt skyltas genom draperierna. Draperierna bör även ha tydliga öppningar så utrymning lätt kan ske därigenom.
- Byt ut de lösa extrastolarna i kongresshallen mot fastmonterade stolar.
- Sänk ner sprinklerhuvudena i konferensrummen under gallret, alternativt ta bort gallret helt.
- Ha alltid rök- och värmedetektorerna i lokalerna inkopplade.
- Minimera brandbelastningen under evenemang.
- Installera utrymningslarm med talat meddelande för de större samlingslokalerna.
- Sätt upp en belysnings slinga eller liknande på kanten i trapporna ner från läktaren i kongresshallen för att göra gäster extra uppmärksamma på den låga takhöjden.

På grund av tidsbrist och otillräckligt underlag kunde ingen djupare granskning göras av vare sig det systematiska brandskyddsarbetet, eller ventilationssystemens inverkan på brandgasspridning. Därmed vore det önskvärt att undersöka dessa vidare.

Summary

This report evaluates the person safety in case of fire at Scandic Infra City's hotel and conference facilities in Upplands Väsby.

Prior to the analysis a site visit was made to identify potential fire scenarios, existing fire protection, and escape routes. Thereafter qualitative reasoning, based on the site visit and other available information, was conducted to select a number of dimensioning design fire scenarios. By using hand calculations and simulation tools such as FDS, CFAST and Simulex the evacuation time and time to critical conditions were estimated. By comparing these results an assessment of the evacuation safety could be made.

Two representative design fire scenarios were further analyzed; *mässhallen* and *kongresshallen*. A fire safety goal was defined as all people to be able to evacuate safely in case of fire. The report concludes that the goal is not met for the scenario in kongresshallen. A number of proposals for action that **should be implemented** are presented below:

- Inspect the evacuation signs prior to every event
- Inspect the evacuation routes prior to every event to ensure that no doors are locked or blocked
- Replace the slide door in mässhallen with doors that have panic latches
- Go through the evacuation situation with the visitors/audience at every event
- Further investigate smoke ventilation in kongresshallen

Other **recommended interventions** that could further improve the fire and egress safety are:

- For events in mässhallen such as melodifestivalen, make sure that evacuation signs are placed correctly. Also make sure that there are passages through the drapes to improve the mobility of the evacuation.
- Replace all loose chairs in kongresshallen with mounted seats
- Remove the grids from the ceilings in all conference rooms, or extend the sprinklers to reach below the grids
- Always keep the fire detectors activated, in other words don't use artificial smoke
- Minimize the potential fire load at all events
- Install fire alarms with spoken messages in the larger halls
- Install a lightning loop or similar to illuminate and warn guests of the low ceiling height at the stairs from the leaches in kongresshallen

Due to lack of time and insufficient foundation, no further analysis could be made on the existing ventilation system and systematic fire prevention (SBA).

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE	1
1.3 MÅL	1
1.4 BEGRÄNSNINGAR	1
1.5 AVGRÄNSNINGAR	1
2. METOD	3
3. BESTÄMNING AV SKYDDSMÅL	5
3.1 SKYDDSMÅL	5
3.2 SKADEKRITERIUM	5
3.3 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	5
4. OBJEKTSBESKRIVNING	7
4.1 BYGGNADSTEKNISK- OCH VERKSAMHETSKLASS	7
4.2 BYGGNADENS UTFORMNING	7
4.2.1 HOTELLET	8
4.2.2 KONFERENSCENTER	9
5. BEFINTLIGT BRANDSKYDD	13
5.1 BRANDCELLSINDELNING	13
5.2 UTRYMNINGSVÄGAR	13
5.3 VENTILATION	15
5.4 DETEKTION	15
5.5 BRAND- OCH UTRYMNINGSLARM	15
5.6 SLÄCKSYSTEM OCH SLÄCKUTRUSTNING	15
5.6.1 SPRINKLER	15
5.6.2 MANUELL SLÄCKUTRUSNING	15
5.7 SYSTEMATISKT BRANDSKYDDSARBETE (SBA)	15
5.8 BRANDKÅREN ATTUNDA	17
6. OBSERVERADE BRISTER	19
6.1 GENERELLT	19
6.2 MÄSSHALLEN	19
6.3 KONGRESSHALLEN	20
6.4 GALLERIA	21
6.5 ENKLA ÅTGÄRDSFÖRSLAG	21
6.5.1 GENERELLT	21
6.5.2 KONKRETA ÅTGÄRDER	21
7. UTRYMNING	23
7.1 GENERELLT	23
7.2 FAKTORER SOM PÅVERKAR UTRYMNING	24
7.2.1 PERSONBEROENDE	24
7.2.2 BYGGNADSBEROENDE	24
7.2.3 BRANDBEROENDE	24

7.3 UTRYMNINGSBERÄKNINGAR	25
8. RISKIDENTIFIERING	27
8.1 GROVANALYS	27
8.2 BRANDSCENARIER	27
8.2.1 BRANDSCENARIO 1. MÄSSHALLEN	27
8.2.2 BRANDSCENARIO 2. KONGRESSHALLEN	27
8.2.3 BRANDSCENARIO 3. KONFERENSRUM	28
8.2.4 BRANDSCENARIO 4. KONTOR I ATRIET	28
8.2.5 BRANDSCENARIO 5. GALLERIAN	28
8.2.6 BRANDSCENARIO 6. EXPEDITIONEN I KONFERENSCENTER	28
8.2.7 BRANDSCENARIO 7. KÖK- OCH SERVERINGSAVDELNING	28
8.2.8 BRANDSCENARIO 8. VENTILATIONSCENTRAL	28
8.2.9 BRANDSCENARIO 9. HOTELLRUM	29
8.2.10 BRANDSCENARIO 10. ATRIE I HOTELLELEN	29
8.3 RISKMATRIS	29
9. FÖRENKLAD DIMENSIONERING	31
9.1 MAXIMALT GÅNGAVSTÅND	31
9.2 DIMENSIONERAT PASSAGEMÅTT I UTRYMNINGSVÄG	31
9.3 SLUTSATS	31
9.3.1 MÄSSHALLEN	31
9.3.2 KONGRESSHALLEN	32
10. SCENARIO 1 - MÄSSHALL	33
10.1 BESKRIVNING AV SCENARIO 1	33
10.1.1 MÄSSHALLENS UTFORMNING	33
10.1.2 BRANDORSAK	35
10.1.3 BRANDENS PLACERING	35
10.1.4 BRANDBELASTNING	35
10.1.5 PERSONTÄTHET	35
10.2 EFFEKTUTVECKLING	36
10.3 TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	36
10.3.1 BRANDGASLAGERHÖJD	36
10.3.2 SIKTBARHET 2 METER OVAN GOLV	37
10.3.3 VÄRMESTRÅLNING/VÄRMEDOS	37
10.3.4 TEMPERATUR	37
10.3.5 SLUTSATS	37
10.4 VERIFIERING MED FDS	38
10.5 UTRYMNINGSTID	38
10.6 TIDSMARGINAL	39
10.7 RESULTAT	39
11. SCENARIO 2 - KONGRESSHALLEN	41
11.1 BESKRIVNING AV BRANDSCENARIO 2	41
11.1.1 KONGRESSHALLENS UTFORMNING	41
11.1.2 BRANDORSAK	41
11.1.3 BRANDENS PLACERING	42
11.1.4 BRANDBELASTNING	42
11.1.5 PERSONTÄTHET	42

11.2	EFFEKTUTVECKLING	42
11.3	TID TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	43
11.3.1	DELSCEENARIO – LÄKTARE	43
11.3.2	DELSCEENARIO – GOLVNIVÅ	44
11.4	VERIFIERING AV CFAST MED FDS	45
11.5	UTRYMNINGSTID	46
11.6	TIDSMARGINAL	46
11.7	RESULTAT	47
12 ERFORDRADE ÅTGÄRDER		49
12.1	MÄSSHALL	49
12.1.1	GENOMGÅNG AV UTRYMNINGSSITUATIONEN	49
12.2	KONGRESSHALL	49
12.2.1	GENOMGÅNG AV UTRYMNINGSSITUATIONEN	49
12.2.2	BRANDGASFLÄKTAR	49
13. AVFÄRDADE ÅTGÄRDSFÖRSLAG		51
13.1	MÄSSHALL	51
13.1.1	BRANDGASFLÄKTAR	51
13.2	KONGRESSHALL	51
13.2.1	BRANDGASSKÄRM I TAKET	51
13.2.2	GENOMLYSTA SKYLTLAR	51
14. KOMPLETTERANDE ÅTGÄRDSFÖRSLAG		53
14.1	DRAPERIER	53
14.2	UTRYMNINGSLARM	54
14.3	BRANDBELASTNING	54
14.4	INKOPPLADE RÖK- OCH VÄRMEDETEKTORER	54
15. DISKUSSION		55
15.1	AVGRÄNSNINGAR	55
15.2	GROVANALYS	55
15.3	REPRESENTATIVA SCENARION	55
15.4	UTRYMNING	56
15.5	CFAST OCH FDS	57
15.6	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	60
15.7	KOSTNADSEFFEKTIVISERING	60
16. SLUTSATS		61
17. REFERENSER		63
BILAGA A		65
BILAGA B		77
BILAGA C		83
BILAGA D		93
BILAGA E		95
BILAGA F		99
BILAGA G		103
BILAGA H		109
BILAGA I		117

1. Inledning

Under det inledande avsnittet beskrivs rapportens bakgrund, syfte, mål, begränsningar och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Under tredje året på brandingenjörslinjen i Lund ges den obligatoriska kursen Brandteknisk riskvärdering. Kursen är bland annat till för att knyta samman studenternas kunskap inom brand- och utrymnings säkerhet och resultera i en rapport. Denna rapport granskar hotell- och konferensanläggningen Scandic Infra City i Upplands Väsby.

1.2 Syfte

Rapportens syfte är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand i hotell- och konferensanläggningen Scandic Infra City.

1.3 Mål

Målet med rapporten är att säkerställa utrymning av Scandic Infra City i händelse av brand. I de fall där säker utrymning inte kan säkerställas på ett tillfredställande sätt skall åtgärdsförslag presenteras.

1.4 Begränsningar

Nedan redovisas de begränsningar som analysen innefattar.

- Eftersom framförallt mässhallen men även andra lokaler i Scandic Infra City har varierande utseende och brandbelastning under året utgår analysen från de ritningar som fanns tillgängliga från uppdragsgivaren, lokalernas utseende vid objektsbesöket samt information och bilder från anställda på Scandic Infra City.
- Då inga utrymningsövningar var möjliga att genomföra begränsas denna analys till att använda standardvärden från tidigare utrymningsförsök samt simuleringsprogrammet Simulex.
- Ett flertal begränsningar finns även i simuleringsprogram som FDS, CFAST, Simulex, @RISK och Detact T2, se bilaga G.
- På grund av bristfälligt underlag gällande ventilation kan ingen ingående analys av densamma genomföras.

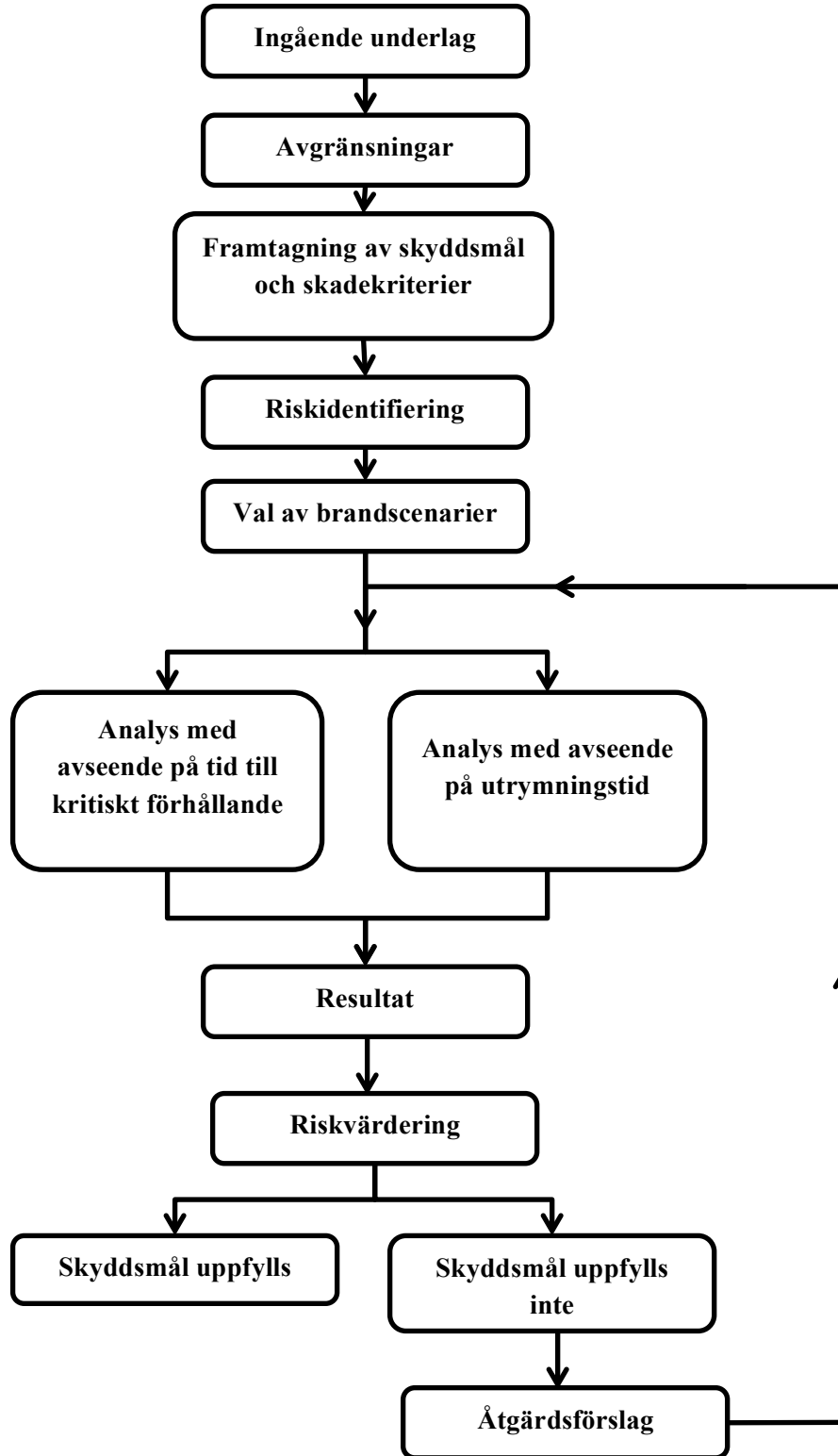
1.5 Avgränsningar

Nedan redovisas de avgränsningar som gjorts för analysen.

- Då Scandic Infra City i Upplands Väsby är en stor hotell- och konferensanläggning görs avgränsningar till några få lokaler och brandscenarion för att på så sätt möjliggöra en grundligare och mer noggrann analys utav kritiska delar av objektet.
- Denna analys avgränsar sig endast till personsäkerhet ur utrymningssynpunkt i händelse av brand och därmed bara det inledande skedet av branden.
- Bärförmåga i konstruktionsdelar i byggnaden tas inte i beaktning vid värderingen av personsäkerheten i händelse av brand. Byggnadens konstruktion antas vara intakt under hela utrymningsförloppet.
- Ekonomiska aspekter vad gäller rök- och brandskador till följd av brand samt kostnad för åtgärdsförslag behandlas inte i denna rapport.
- Säkerheten för räddningstjänstpersonal vid räddningsinsats tas heller inte i beaktande.
- I denna analys undersöks inte toxicitet i kritiska förhållanden.

2. Metod

Metoden för analysen redovisas i följande avsnitt. Arbetsgången för denna rapport följer flödesschemat enligt figur 2.1 nedan.



Figur 2.1. Flödesschema som beskriver rapportens arbetsgång.

För att få överblick över objektet och få bättre underlag till avgränsningar, beräkningar och simuleringar görs i början av arbetet ett platsbesök på Scandic Infra City. Genom att under en dag orientera sig i lokalerna och då jämföra med ritningar skapas en helhetsbild av objektet. För att kunna utföra en grundligare analys av Scandic Infra City görs avgränsningar, dels för att kunna titta närmare på objektets mest kritiska delar men även för att objektet är för omfattande och resurserna för en större analys inte räcker till.

Genom att definiera en gräns mellan acceptabla och oacceptabla utfall tas ett skyddsmål fram. Detta görs för att kunna bedöma resultaten i riskvärderingen. Skadekriterier tas fram för att enklare jämföra parametrar vilka påverkar skyddsmålet. Om skadekriterierna uppfylls kommer alltså inte skyddsmålet att uppfyllas.

Genom att identifiera de risker med högst konsekvens och sannolikhet i Scandic Infra Citys konferenscenter tas de mest relevanta brandscenarierna fram. Riskidentifieringen består i att göra en grovanalys och applicera brandscenarierna i en riskmatris för att på ett överskådligt sätt kunna sortera dem efter sannolikhet och konsekvens. Med hjälp av riskmatrisen väljs de brandscenarier ut som anses medföra störst risk från ett personsäkerhetsperspektiv.

Genom analytiska beräkningar, ingenjörsmässiga bedömningar och simuleringar i datorprogram som CFAST, FDS och Simulex görs sedan en grundligare brand- och utrymningsanalys av dessa scenarier. Som en del i riskvärderingen används @Risk, som är ett tillägsprogram till Excel, för att göra en osäkerhetsanalys på ingående parametrar för brand- och utrymningsscenarierna. För samtliga simuleringar i @Risk antas triangelfördelning gälla, eftersom mycket lite information finns att tillgå gällande osäkerhetsfaktorernas fördelningar (Palisade Corporation, 2008). I riskvärderingen jämförs analysresultaten med skyddsmålet vilket därefter resulterar i förslag på åtgärder om skyddsmålet inte uppnås. Föreslagna åtgärder verifieras sedan med ytterligare beräkningar.

3. Bestämning av skyddsmål

I denna del av rapporten redovisas det som anses vara mest skyddsvärt i Scandic Infra Citys lokaler och därmed skyddsmålet.

3.1 Skyddsmål

I denna analys sätts skyddsmålet till att alla människor som befinner sig i Scandic Infra Citys lokaler på ett säkert sätt ska kunna ta sig till säker plats i händelse av brand.

Utrymningsmöjligheterna ska därmed vara tillfredställande för samtliga i lokalerna och inte påverkas av att personer har funktionsnedsättningar eller liknande. Scandic Infra Citys lokaler ska vara anpassade för att klara av varierande persontäthet och evenemang.

3.2 Skadekriterium

För att uppnå skyddsmålet får inte skadekriteriet nedan uppfyllas.

- Ingen person får utsättas för kritiska förhållanden i händelse av brand.

3.3 Kritiska förhållanden

Vad som i rapporten benämns som kritiska förhållanden baseras på rekommendationer och krav från Boverket. För att uppfylla kraven om säker utrymning krävs tillräckligt god sikt, samt att de personer som utrymmer inte får utsättas för höga temperaturer eller kraftig värmestrålning. Kritiska förhållanden uppstår om både kriterium 1 och 2 uppfylls samtidigt, eller något av kriterierna 3-5 enligt tabell 3.1. Som beskrivits i avgränsningar utreds inte de potentiella toxiska nivåerna. Nivåer för kriterium 1-4 undersöks för respektive scenario genom handberäkningar samt simuleringar i FDS- och CFAST vilka presenteras i kapitel 10 och 11.

Tabell 3.1. Nivå för kritisk påverkan av utrymningssäkerhet (Boverket III, 2012).

Kriterium	Nivå
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	Brandgaslagrets kritiska höjd ovan golvet bestäms enligt $H_{krit} = 1,6 + 0,1 * H$, där H är rummets takhöjd [m]
2. Siktbarhet, 2 meter ovan golv	10 meter i utrymmen $> 100 m^2$ 5 meter i utrymmen $\leq 100 m^2$. Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats kön uppstår
3. Värmestrålning/Värmedos	Maximalt $2,5 kW/m^2$ eller en kortvarig strålning på max $10 kW/m^2$ i kombination med max $60 kJ/m^2$ utöver energin från en strålningsnivå på $1 kW/m^2$
4. Temperatur	Personer som utrymmer får inte utsättas för temperaturer över $80 ^\circ C$
5. Toxicitet, 2 meter ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) $< 2000 ppm$ Koldioxidkoncentration (CO ₂) $< 5 \%$ Syrgaskoncentration (O ₂) $> 15 \%$

4. Objektsbeskrivning

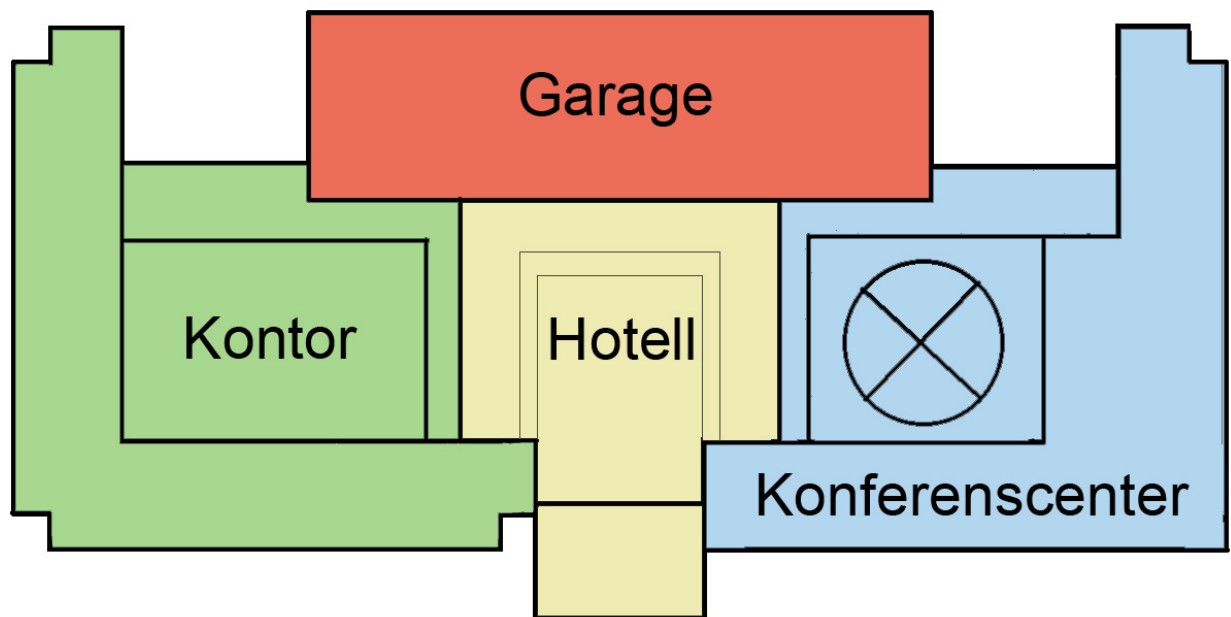
Scandic Infra City är ett konferenshotell beläget vid E4:n i Upplands Väsby. Hotellet rymmer 320 sovrum för drygt 700 gäster och erbjuder mötesrum samt konferens- och mässlokaler som hyrs ut vid olika event. Den största lokaliteten är mässhallen som rymmer maximalt 1800 besökare. Fastigheten ägs av Infra City AB och huserar även diverse affärsverksamheter och restauranger. Anläggningen invigdes 1991, men har sedan dess renoverats och byggts till i omgångar.

4.1 Byggnadsteknisk- och verksamhetsklass

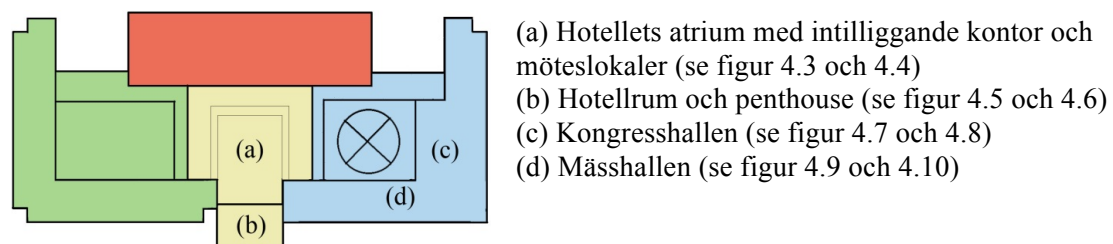
Den byggnadstekniska klassen bedöms vara Br0 då hotellet är 24 våningar högt och anläggningen innehåller flera större samlingslokaler. Detta medför att mycket stort skyddsbehov föreligger (Boverket II, 2011). Verksamhetsklasserna är Vk4 för själva hotellet och Vk2B för de större samlingslokalerna (Almgren et al, 2012).

4.2 Byggnadens utformning

I anläggningens kärna, figur 4.1 bedrivs Scandics hotellverksamhet. I konferenscenter disponeras även ett par konferenslokaler och mässhallar. Övriga utrymmen hyrs av andra företag och består mestadels av kontor.



Figur 4.1. Översiktsbild av Scandic Infra City och Infra City Business Center.

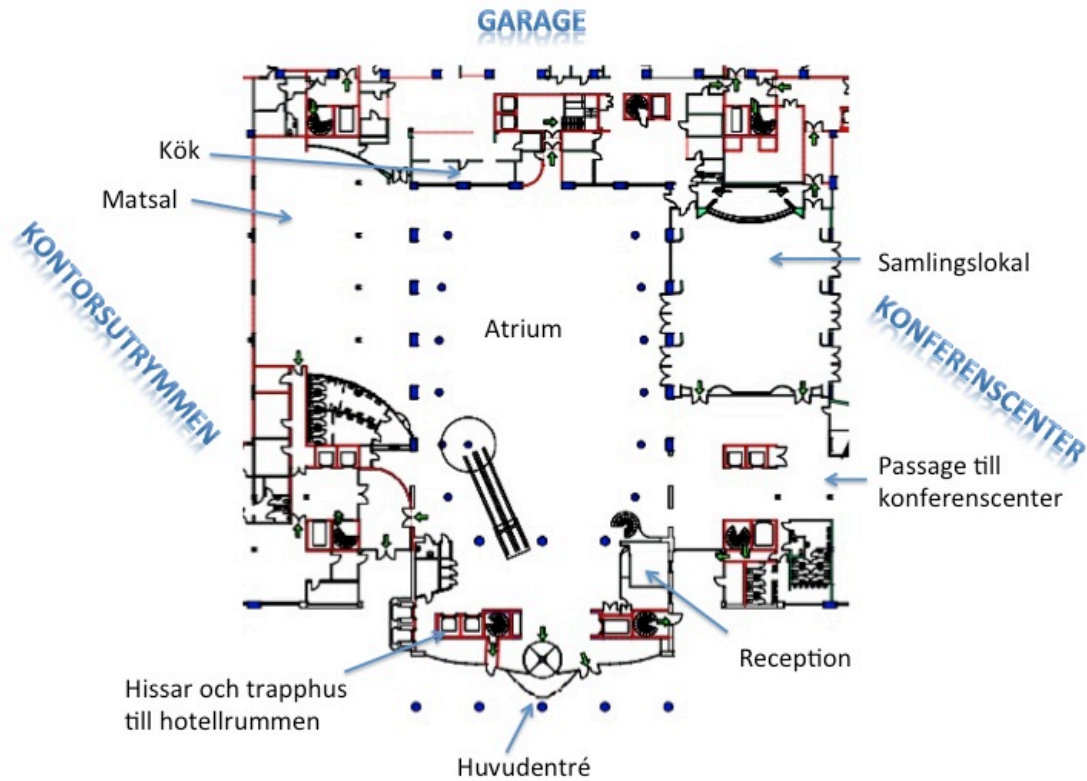


- (a) Hotellens atrium med intilliggande kontor och möteslokaler (se figur 4.3 och 4.4)
- (b) Hotellrum och penthouse (se figur 4.5 och 4.6)
- (c) Kongresshallen (se figur 4.7 och 4.8)
- (d) Mässhallen (se figur 4.9 och 4.10)

Figur 4.2. Översiktsbild av Infra City med hänvisningar till figur 4.3 - 4.10.

4.2.1 Hotellet

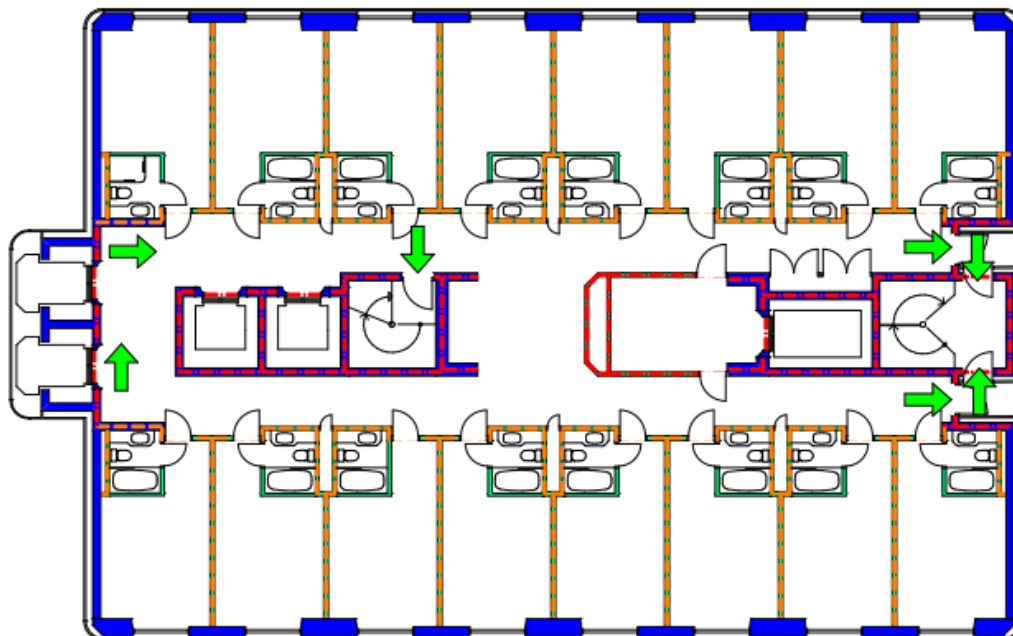
Anläggningens kärna utgörs av ett atrium med tropiska växter och en karpdamm, se figur 4.4. I anslutning till atriet ligger Scandics reception, en servering, samt en matsal. In mot atriet ligger också flera mötesrum i varierande storlek och utformning. Ovanför receptionen, i byggnadens högdal, finns hotellrummen belägna mellan våning 3-21. Våning 22-24 utgörs av ett penthouse med konferensmöjligheter.



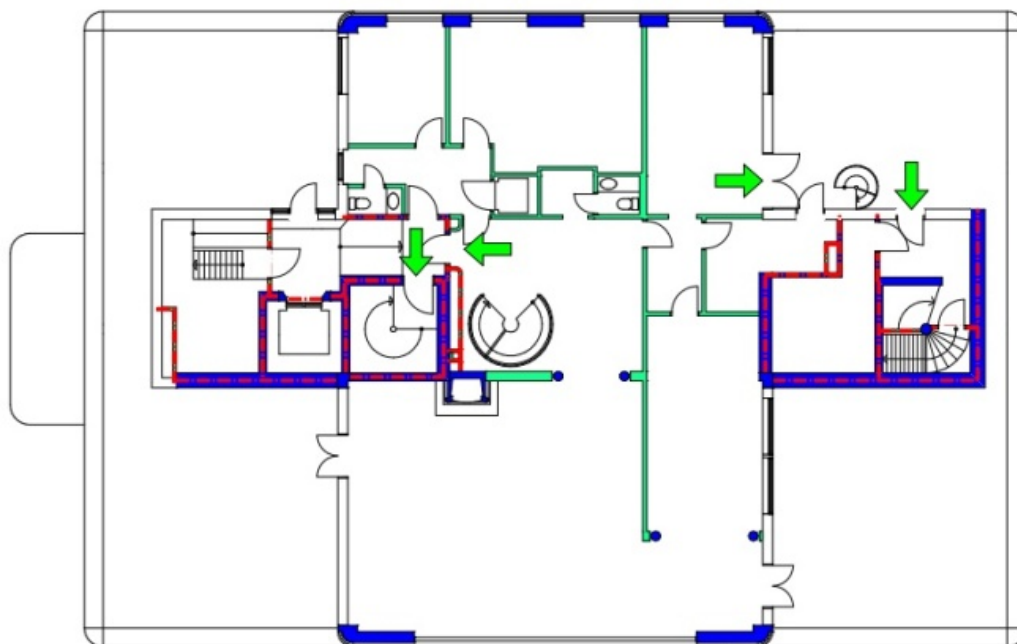
Figur 4.3. Översiktsbild av hotellets entré, reception och atrium.



Figur 4.4. Atriet i hotellet med dess tropiska växter och karpdamm.



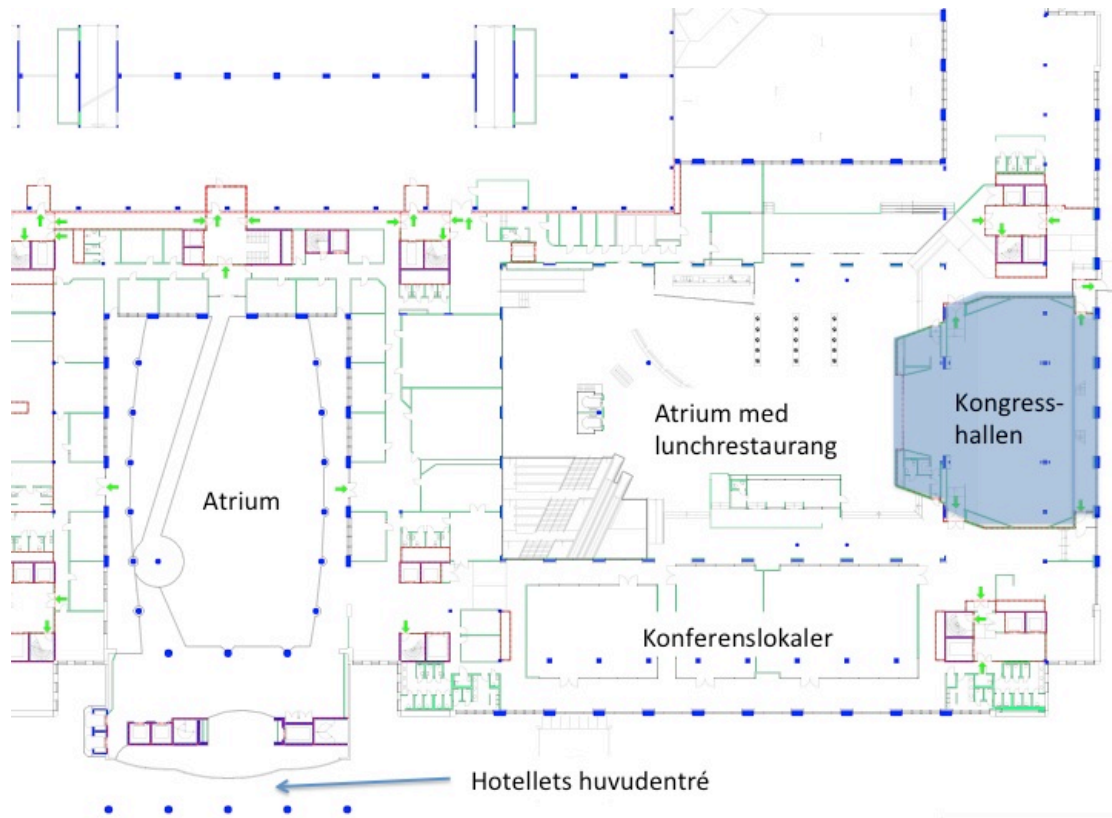
Figur 4.5. Våning 3-21 utgörs av hotellrum motsvarande de i figuren, pilarna visar var utrymningsvägarna är lokaliserade.



Figur 4.6. Längst upp i byggnaden finns ett penthouse i tre våningsplan, pilarna visar var utrymningsvägarna är lokaliserade.

4.2.2 Konferenscenter

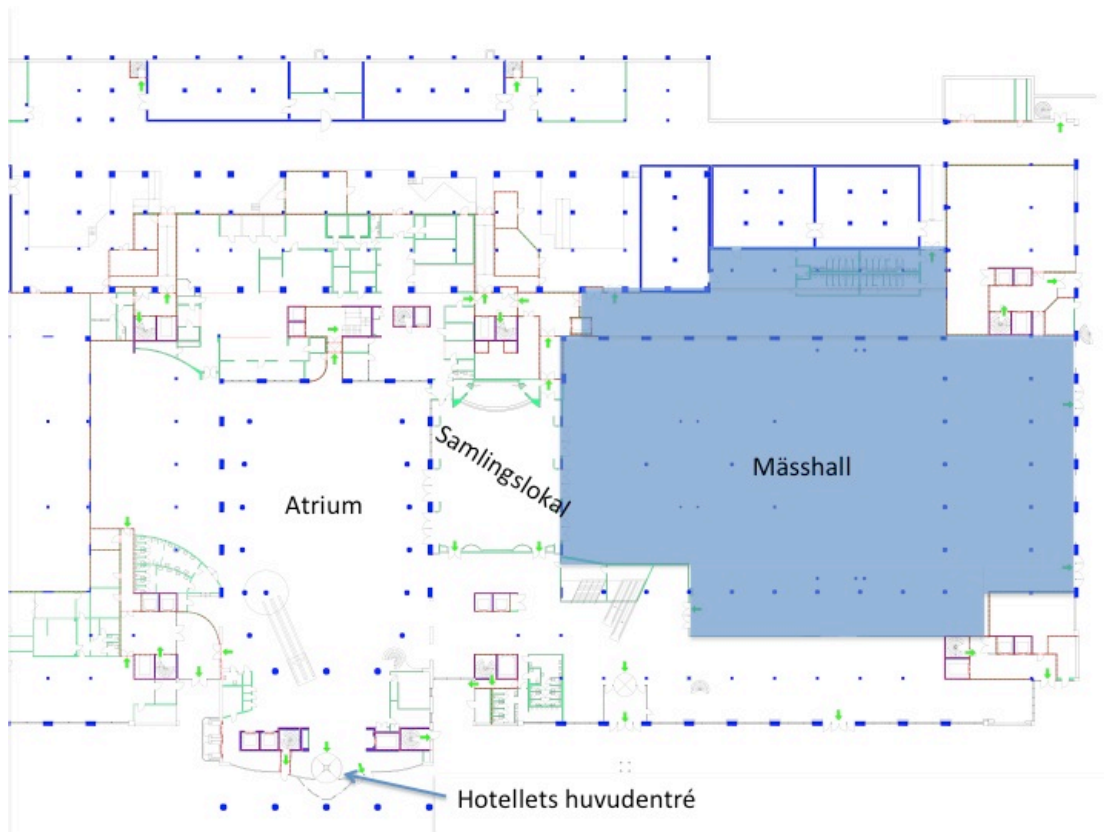
Den högra tillbyggnaden som i rapporten benämns som konferenscenter innehåller flertalet större samlingslokaler, diverse kontorsutrymmen samt en restaurang. Av dessa hyr Scandic bland annat en kongresshall på 560 kvadratmeter som rymmer 484 personer, figur 4.7-4.8 och en mässhall på 3000 kvadratmeter med kapacitet att ta emot 1800 personer, figur 4.9-4.10. Figurerna 4.7 och 4.9 visar samma del av konferenscenter men olika våningsplan. Vid granskning av figur 4.7 och 4.9 är det tydligt att kongresshallen ligger delvis över mässhallen.



Figur 4.7. Översikt av plan två i konferenscenter som visar kongresshallens position i byggnaden.



Figur 4.8. Vy över kongresshallen med dess läktare.



Figur 4.9. Översikt av markplan i konferenscenter som visar mässhallens position i byggnaden.



Figur 4.10. Vy över mässhallen inför uppriggandet av ett event.

5. Befintligt brandskydd

Nedan redovisas det befintliga brandskyddet på Scandic Infra City.

5.1 Brandcellsindelning

Gränsen mellan garaget och resten av byggnaden, se figur 4.1, består av en brandcellsgräns i klass EI60. Dock finns det ingen brandcellsindelning mellan hotelldelen och konferenscenter. Detta innebär att atriet i hotellet, atriet i konferenscenter samt ett flertal mindre lokaler utgör en gemensam stor brandcell, vilket kan utgöra ett riskmoment vid brand.

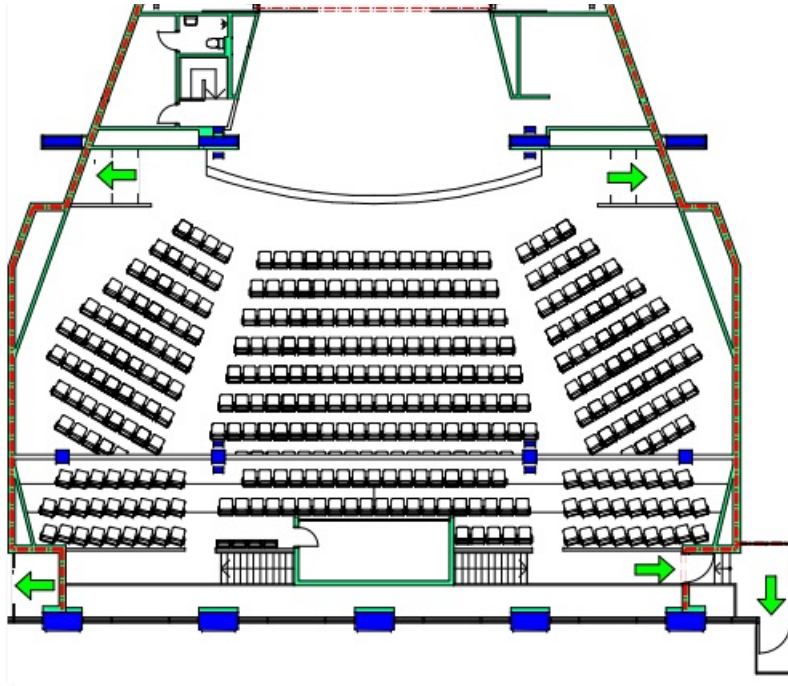
Enligt brandritningarna är varje rum i hotelldelen en egen brandcell, dessutom avgränsas varje nytt våningsplan med en brandcellsgräns. Kongresshallen är en egen brandcell i klass EI60. Alla hisschakt och ett flertal utrymningsvägar i form av spiraltrappor är egna brandceller i EI60. Mässhallen är ingen egen brandcell utan tillhör samma brandcell som de två stora atrierna i hotelldelen och konferenscenter.

5.2 Utrymningsvägar

I följande avsnitt beskrivs utrymningsvägarna i Infra City för de i rapporten mest intressanta lokalerna.

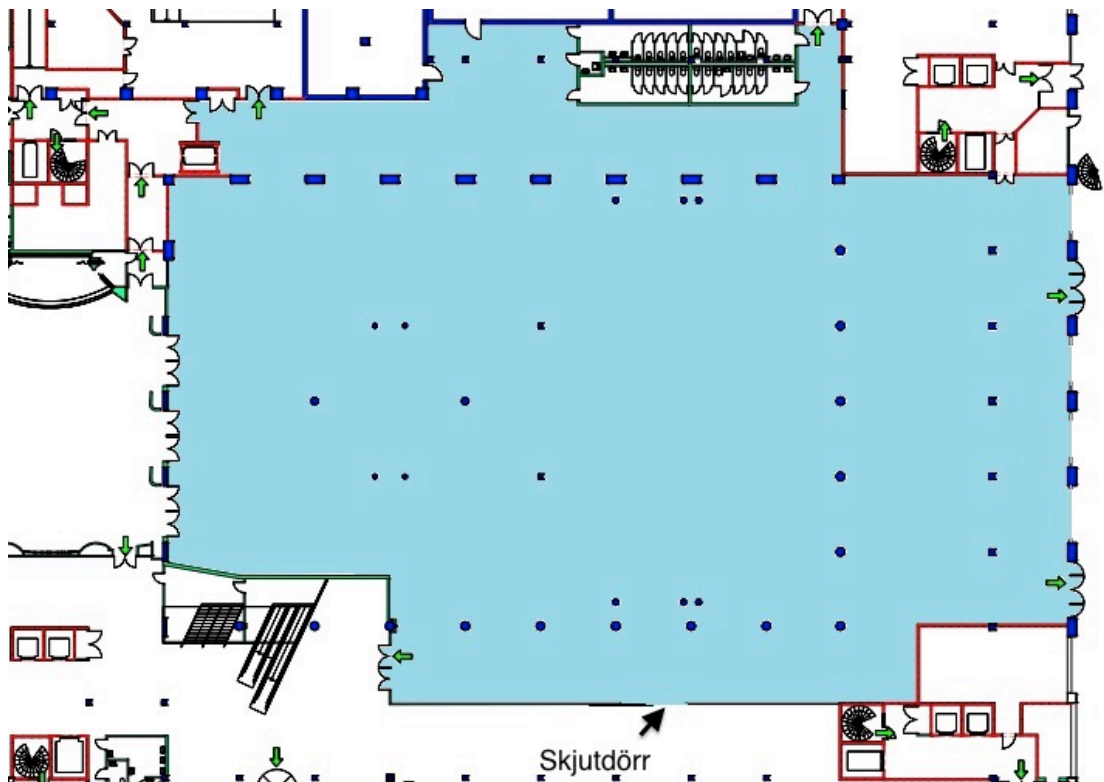
Hotelldelen av Scandic Infra City är 24 våningar högt och har två avskilda utrymningsvägar i form av trapphus enligt figur 4.5. Ett trapphus löper helt inuti huskroppen medan den andra löper delvis utanför. För att komma ut till det trapphus som löper delvis utanför huskroppen passeras först en sluss som är öppen ut till omgivningen. I händelse av brand går brandgaserna inte in från den våning som brinner utan släpps direkt ut i den omgivande luften. På detta sätt rökfylls inte trappuppgången och en säker utrymning härigenom är möjlig. Detta är en mycket bra lösning ur utrymningssynpunkt. I byggnaden finns även en brandhiss som är till för räddningstjänstpersonal. I hissen kan räddningstjänsten ta med sig slangar, fläktar och annan utrustning för att släcka och få kontroll över branden.

Kongresshallen, se figur 5.1, har totalt 5 utrymningsvägar med en totalbredd på 9 meter. Lokalens olika utrymningsdörrar går till två oberoende utrymningsvägar, dels ut i det stora atriet och dels ut i ett trapphus som är en egen brandcell. Den läktare som finns längst bak i lokalen har en utrymningsväg ut i trapphuset samt möjlighet att gå nedför trapporna och utrymma i annan, valfri nödutgång på golvnivå. Längst bak på scen finns två stora skjutdörrar, en av glas och en av trä vilka inte räknas som nödutgångar då de oftast är stängda och svåra att öppna.



Figur 5.1. Detaljplan över kongresshallen. I bilden skymts delar av golvplanet av läktaren.

Ut ur mässhallen finns en mängd olika utrymningsvägar vilka illustreras i figur 5.2. Det finns även en stor skjutdörr som inte är klassad som utrymningsdörr, se vidare resonemang i kapitel 6.2. Denna dörr används dock som utrymningsväg vid vissa evenemang, något som egentligen strider mot Boverkets byggregler. Då mässhallens utseende varierar beroende på evenemang varierar även vilka utrymningsdörrar som används.



Figur 5.2. Detaljplan över mässhallen.

5.3 Ventilation

Av vad som kan utläsas ur tillgängliga CAD-ritningar är ventilationssystemet ett från- och tilluftssystem. Ett fläktrum på bottenvåningen i konferenscenter driver konferenscentrets ventilation. I mässhallen finns en mängd stora, tydligt synliga ventilationsdon jämnt fördelade över lokalen. Ventilationsdonen i kongresshallen utgörs av ett fåtal, större don maskerade i väggarna.

I de större samlingslokalerna, kongress- och mässhallen, finns ingen särskild brandgasventilation. Vad gäller brandgasspridning via ventilationssystemet saknas underlag för en fullständig bedömning, detta bör därför utredas vidare.

5.4 Detektion

I lokalerna finns det både rökdetektorer och värmedetektorer vilka är kopplade till en brandlarmscentral. I lokalerna finns även möjlighet att aktivera brandlarmet manuellt med hjälp av brandlarmsknappar.

5.5 Brand- och utrymningslarm

I Infra City finns två brandlarmscentraler. Detta beror på att delen som benämns konferenscenter byggdes till cirka 20 år efter att det ursprungliga Infra City byggdes. Brandlarmscentralerna är sammankopplade och kommunicerar med varandra. Vid ett brandtillbud utryms i första hand endast berörda delar av lokalerna. Räddningstjänsten avgör sedan efter ankomst om fler bör evakueras.

Då det går ett larm i Scandic Infra Citys hotell del går det ut ett talat meddelande till berörda hotellrum om hur personerna där ska agera. Detta görs eftersom varje hotellrum är en egen brandcell vilket gör att personerna i hotellrummen ofta är säkrare i rummet än i till exempel trappuppgångar och korridorer. Utrymningslarmen i mässhallen samt kongresshallen är båda akustiska, med larmklockor. I mässhallen finns dessutom optiskt larm vid åtminstone en av utgångarna.

5.6 Släcksystem och släckutrustning

Nedan beskrivs Infra Citys släcksystem och släckutrustning.

5.6.1 Sprinkler

Sprinklersystemet består av ett trycksatt vattensystem som täcker alla Infra Citys lokaler. Sprinklerhuvudena är nedåtriktade och utrustade med glasbulber. Vattnet levereras från det kommunala nätet. För att trycket i systemet ska vara tillfredsställande i alla sprinklerhuvuden trycksätts vattnet i en sprinklercentral som ligger på gränsen mellan hotell- och kontorsdelen. I sprinklercentralen finns en eldriven primärpump och en dieseldriven sekundärpump.

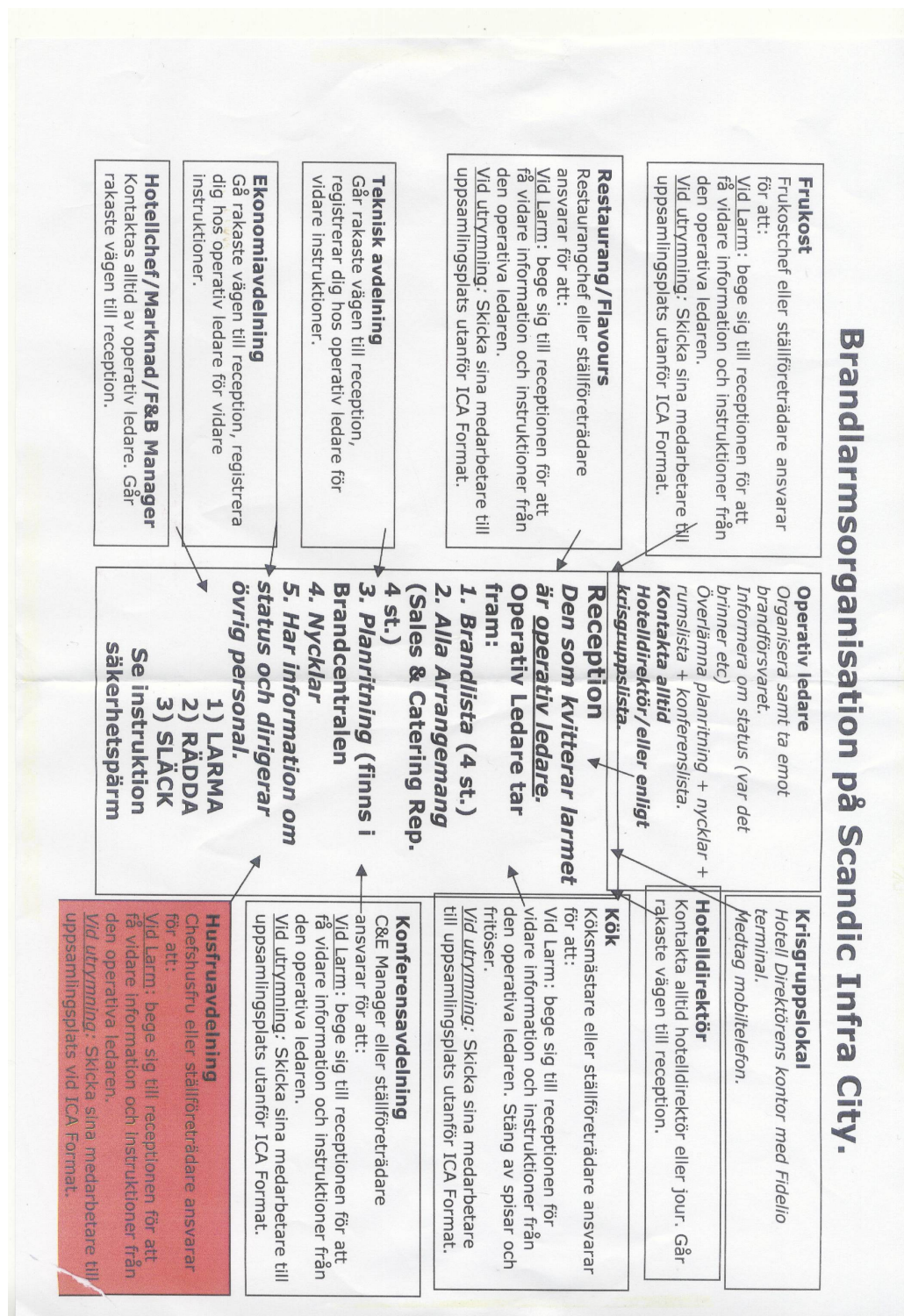
5.6.2 Manuell släckutrustning

Släckutrustning finns strategiskt utplacerad i Infra Citys lokaler. Förutom vattensläckare med skumtillsatts och brandposter med slangrulle tillhandahåller Scandic Infra City mobila brandsläckare som är placerade på kärror som kan flyttas för hand. Dessa mobila brandsläckare används främst i mässhallen där lokalens utseende ständigt förändras. I hotellets högdelen finns det trycksatta brandposter på varannan våning för att räddningstjänsten på ett enkelt och säkert sätt ska få tillgång till vatten med rätt tryck och flöde i hela hotellet.

5.7 Systematiskt Brandskyddsarbete (SBA)

Scandic Infra City uppdaterar regelbundet SBA-arbetet en gång per kvartal. Regelbundna tillsynar görs av Brandkåren Attunda för att kontrollera hur detta sköts. En stor del i en fastighets brandskydd är fungerande rutiner och ansvarsfördelningar hos personalen som

arbetar i fastigheten. På Scandic Infra City finns en genomarbetad och funktionell brandlarmsorganisation enligt figur 5.3 nedan.



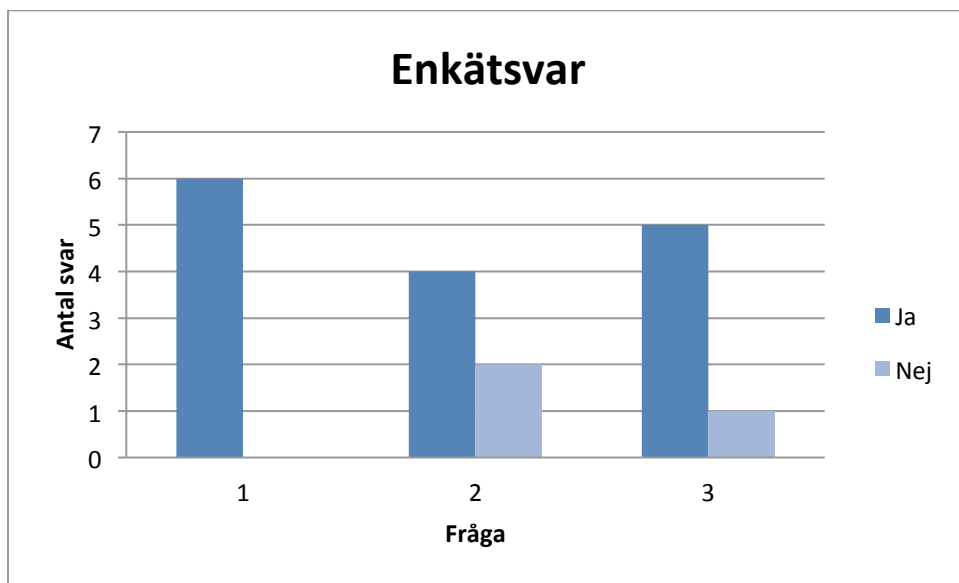
Figur 5.3. Brandlarmsorganisationen på Scandic Infra City.

För att hålla en hög medvetenhet och kunskap vad det gäller brand och utrymning genomgår all personal som är anställda av Scandic Infra City årligen en brandutbildning. Som beskrivits i figuren ovan har varje ansvarig för respektive avdelning en specifik uppgift vilken inleds med att bege sig till receptionen för att få information från den operativa ledaren. Personalen utrustas med gula reflexvästar för att uppmärksammas av gäster i samband med en utrymning.

Då Scandic hyr ut sina lokaler till andra företag finns alltid minst en ur Scandics egen personal med, delvis med ansvar att se över brandskydd och utrymningsmöjligheter vid olika evenemang.

Genom en enkätundersökning bland några av de anställda på Scandic Infra City verifierades denna brandlarmsorganisation samt utbildningar. Frågorna och svaren på enkätundersökningen redovisas nedan.

1. Har du gått på någon brandskyddsutbildning under din anställningstid på Scandic Infra City?
2. Har du någon under din anställning varit med om en brand- eller/och utrymningsövning?
3. Är du väl förberedd och har du en specifik uppgift vid ett brandtillbud?



Figur 5.4. Enkät svar angående brandlarmsorganisation.

Svaren från enkäterna redovisas i figur 5.4. Svaren tyder på att brandlarmsorganisationen och brandutbildningar fungerar och sker i den omfattning som Scandic Infra City hävdar. De personer som inte varit med på någon utrymningsövning eller inte kände sig väl förbereda var vikarier samt en person som bara varit anställd en mycket kort tid. På grund av att undersökningen endast innefattar sex deltagande är den dock inte statistiskt säkerställd och därmed inte speciellt tillförlitlig. Några egentliga slutsatser kan därmed inte dras från denna enkätundersökning.

Eftersom de ansvariga inte redovisade övriga delar av SBA-arbetet vid objektbesöket och vidare eftersökning hos Brandkåren Attunda inte heller gav resultat kunde ingen närmre granskning genomföras.

5.8 Brandkåren Attunda

Då brandlarmscentralen är direktkopplad till Räddningstjänsten varseblir de brandtillbudet direkt och ska då vara på plats efter cirka 10 minuter från närmaste brandstation, Brandkåren Attunda. När räddningstjänsten är på plats tar de över och beslutar om vidare utrymning av hotelldelen och konferenscenter.

6. Observerade brister

I detta avsnitt beskrivs de observerade brister som upptäcktes under objektsbesöket.

6.1 Generellt

Eftersom utseendet för objektets lokaler förändras beroende på evenemang avgränsas dessa observerade brister till hur det såg ut vid objektsbesöket samt vid vissa specifika evenemang. Överlag upptäcktes dock få brister i hotelldelen av Scandic Infra Citys lokaler. De brister som observerades i lokalerna består till största delen av fel vid skyltning av utrymningsvägar och delvis blockerade utrymningsvägar. Det ska nämnas att det vid besöket var mycket lite personer och inget pågående evenemang i lokalerna. I konferenscenter observerades dock vissa brister vilka redovisas nedan.

6.2 Mässhallen

En observerad brist är att under vissa evenemang täcks utrymningsskyltar för och utrymningsvägar blockeras eller avgränsas. Ett exempel är Upplands Väsby melodifestival då ett stort antal personer befinner sig i lokalen samtidigt som utrymningsskyltar är svåra att upptäcka och draperier täcker för utrymningsvägar. Detta scenario beskrivs och analyseras i kapitel 10. I figur 6.1 nedan visas hur en utrymningsväg begränsas under en mäsas på grund av att två mässmontrar placeras för nära varandra.



Figur 6.1. Utrymningsdörr i mässhallen.

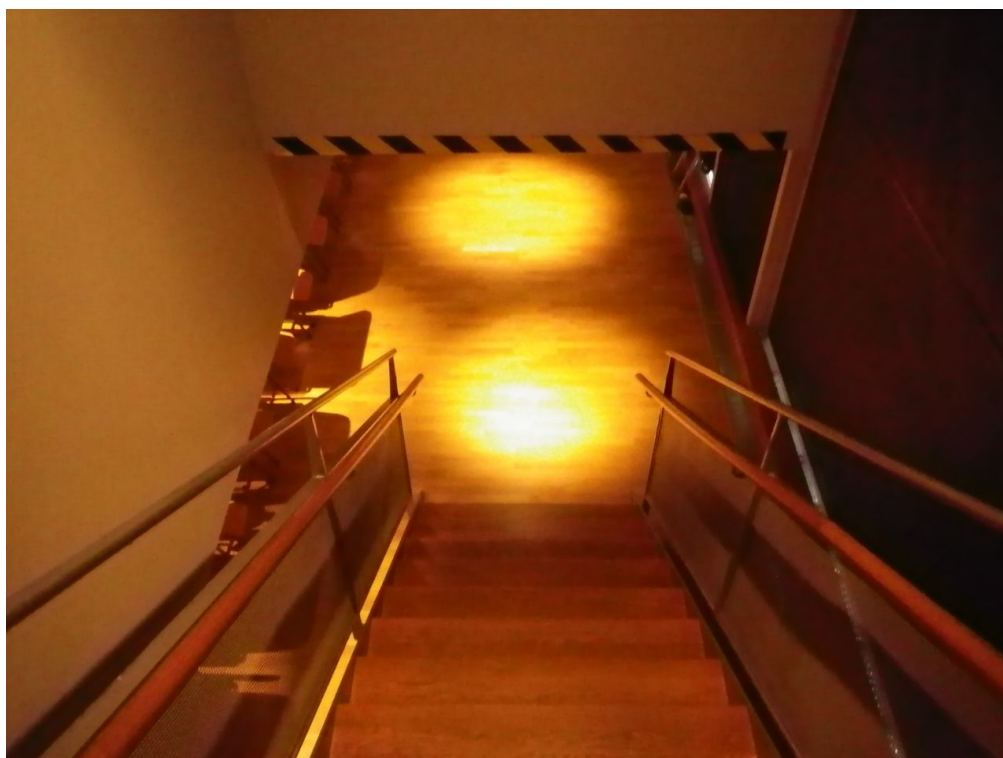
Dessutom är skjutdörren i figur 6.1 inte godkänd som en utrymningsdörr. För att en skjutdörr ska kunna användas i en nödutgång måste nedanstående krav uppfyllas (Almgren et al, 2012).

- Lätt öppningsbar
- Köbildning får ej uppstå
- Skall inte enbart kunna öppnas med elektrisk tryckknapp

Då inga av dessa krav uppfylls måste denna dörr bytas ut. Istället föreslås en dörr med panikregel liknande de andra nödutgångarna i lokalen. Detta föreslås då en stor del av de som utrymmer kommer att försöka gå den väg de kom in (Frantzich, 2001). Det finns en risk att huvudingången stängs under evenemang och detta kan medföra komplikationer vid utrymning.

6.3 Kongresshallen

Som visas i figur 6.2 nedan observerades en brist i trappan från läktaren ner till golvplan. Denna brist ligger i att taket i trappan är lågt och risk finns att personer som utrymmer då sikten är dålig kan slå i huvudet i kanten. På kanten finns en reflextejp men vid dålig sikt och stressiga utrymningsförhållanden kan detta vara bristfälligt. En annan problematik i kongresshallen är då extrastolar placeras ut i lokalen. Vid en utrymningssituation skulle dessa kunna utgöra ett problem eftersom de kan välta och då utgöra ett hinder i utrymningsvägar. Hinder och material i utrymningsvägar innebär en extra stor risk om belysningen i lokalen skulle falla eller brandgaser skymmer ljuset från belysningen.



Figur 6.2. Trappa i kongresshallen.

6.4 Galleria

Gallerian var vid besöket nästan helt tom varvid brister var svåra att identifiera. Den skjutdörr som vetter ut mot gallerian är en brist då den vid besöket var låst men ändå skyltad som en utrymningsdörr.



Figur 6.3. Utrymningsdörr i gallerian.

6.5 Enkla åtgärdsförslag

De åtgärdsförslag som beskrivs nedan bygger inte på någon djupare analys utan är råd för att enkelt förbättra brandskyddet och utrymningssituationen i Scandic Infra City.

6.5.1 Generellt

De åtgärder som bör utföras är framförallt i den löpande verksamheten. Eftersom konferenscentrets lokaler, då framförallt mässhallen, ser olika ut beroende på evenemang bör en ordentlig genomgång av utrymningsvägar, utrymningsskyltar och släckutrustning göras innan varje evenemang. Detta bör förslagsvis utföras av en eller flera personer som har kunskap om lokalen och dess utrymningssituation.

6.5.2 Konkreta åtgärder

Genom att göra enkla åtgärder i Scandic Infra Citys lokaler kan brandskyddet förbättras. Några förslag på erfordrade åtgärder som därmed **ska** utföras samt kompletterande åtgärder som **bör** utföras redovisas nedan.

Erfordrade åtgärder

- Se över utrymningsskyltningen inför varje evenemang.
- Se över utrymningsvägarna inför varje evenemang så att ingen är blockerad eller begränsad.
- Byt ut skjutdörren i mässhallen till en dörr med panikregel.

Kompletterande åtgärder

- Montera in fasta stolar istället för de extrastolar som placeras ut i lokalen då det är många personer på evenemanget.
- Sätt upp en belysningsring eller liknande på kanten i trapporna ner från läktaren i kongresshallen för att göra gäster extra uppmärksamma på den låga takhöjden.

Ovanstående erforderade åtgärdsförslag måste genomföras för att uppfylla analytisk dimensionering. Det finns inga krav att de kompletterande åtgärderna måste vidtas, men genom kvalitativt resonemang uppskattas personsäkerheten öka ytterligare.

7. Utrymning

I följande avsnitt beskrivs den teori och de antaganden som är grunden för de genomförda utrymningsberäkningarna.

7.1 Generellt

Vid utrymningsberäkningar tas tidsmarginalen mellan utrymningstiden och tid till kritiska förhållanden fram. Kritiska förhållanden är då en människa inte längre kan vistas i lokalen på grund av att maximala, fastställda nivåer av exponering till följd av temperatur, värmestrålning, sikt och toxiska nivåer av komponenter i brandgaserna överskrids. För att säkerställa en utrymning måste personerna i lokalen kunna lämna den på ett säkert sätt. Detta innebär att utrymningstiden ska vara kortare än tid till kritiska förhållanden.

$$t_{kritisk} > t_{utrymning} \quad \text{Ekvation 7.1}$$

Människors beteende vid en utrymning kan delas in i tre skeden:

- Varseblivningstid
- Besluts- och reaktionstid
- Förflyttningstid

Varseblivningstid är den tid det tar från att branden initierats till att personen upptäcker branden. Personen upptäcker branden antingen genom att personen ser branden, blir uppmärksam av ett utrymningslarm eller på annat sätt varseblir branden. Denna tid förlängs markant om det inte finns ett utrymningslarm installerat i lokalen (Boverket I, 2006).

Besluts- och reaktionstid är den tid det tar för en person att besluta sig för att utrymma och sedan påbörja utrymningen. En stor del av detta skede upptas av osäkerhet, ineffektivitet och missförstånd. Att inte utrymma med ens då personen varseblir branden förekommer ofta då tid läggs på att bland annat söka efter ytterligare information, rädsla och varna andra samt ringa räddningstjänsten innan personen påbörjar sin utrymning.

Förflyttningstiden är den tid det tar för personen att förflytta sig ut till ett säkert område. Tiden påverkas av ett flertal faktorer så som personers hjälpbehov, kännedom om byggnaden, deras förmåga att förflytta sig, hur de är fördelade i lokalen med mera. Utrymningstiden beräknas antingen med enkla handberäkningar eller med datorsimuleringar.

Förflyttningstiden är relativt enkel att bestämma då det finns god dokumentation och bra datorprogram för att ta reda på tiden det tar för personer att utrymma ur en byggnad. Varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstiden är två parametrar som är betydligt mer komplexa och är inte lika enkla att bestämma.

(Frantzich, 2001)

7.2 Faktorer som påverkar utrymning

Nedan redovisas de tre huvudsakliga faktorer som påverkar personers utrymning ur en lokal. De tre faktorerna är person-, byggnads- och brandberoende.

7.2.1 Personberoende

- **Antal personer i byggnaden**, där faktorer så som köbildning och fördelning i byggnaden påverkar.
- **Rörelseförmåga**, där fokus ligger på bland annat gånghastighet, antal rullstolsburna och köbildning. Även andra handikapp kan påverka så som synnedläggelse och hörselskada.
- **Sociala anknytningar**, människan påverkas av grupp beteendet vilket i lokaler så som teatersalonger och varuhus kraftigt kan förkorta eller förlänga utrymningen beroende på om gruppen känner varandra eller inte.
- **Vakenhet**, där personens vakenhet påverkar framförallt varseblivningstiden.
- **Brandgaspåverkan**, där brandgaser som innehåller toxiska gaser påverkar personers förmåga att fatta beslut och förflytta sig. Då brandgaserna har en stor påverkan på sikten försvårar även det utrymning.
- **Roll och ansvar**, formella eller icke formella ledare kan ha en positiv eller negativ inverkan på utrymningsförloppet beroende på om de har förmågan att ta ett beslut om utrymning eller inte.
- **Motivation**, beroende på vad personen utför för aktivitet varierar motivationen till en utrymning.
- **Riktad uppmärksamhet**, då personens uppmärksamhet är riktad mot någonting, exempelvis en scen, har personen ofta ingen aning om vad som händer i andra delar av lokalen.
- **Kännedom om byggnaden**, personer som är välbekanta med byggnaden har ofta kortare beslut- och reaktionstid då de inte behöver utföra val så som att välja utrymningsväg. Problem uppstår med personer som inte är bekanta med byggnaden där de oftast väljer den väg de kom in igenom och inte närmaste utrymningsväg.

7.2.2 Byggnadsberoende

- **Orienterbarhet**, beslut- och reaktionstiden ökar speciellt då byggnaden är okänd eftersom personer kan ha svårt att se alternativa nödutgångar eller andra personer.
- **Vägledande markeringar**, standardiserade, belysta skyltar är viktiga för att minska osäkerheten vid val av gångriktning.
- **Belysning**, viktigt för att korta ner förflyttningstiden men även beslut- och reaktionstiden genom att till exempel belysa viktiga delar av lokalen så som utrymningsdörrar.
- **Utformning av utrymningsvägar**, genom att utrymningsdörrar avviker från omgivningen underlättar det för utrymning.
- **Placering av utrymningsvägar**, placering av huvudingången och nödutgångar i en byggnad bör placeras så att personerna som utrymmer enkelt ska hitta dem.
- **Larm**, används för att minska varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstiden genom att vara utformat som antingen ett talat meddelande, ringklocka eller i form av en siren.

7.2.3 Brandberoende

- Utrymningstiden beror till stor del på hur mycket värme och brandgaser som finns i lokalen. En stor riskfaktor är att människor har svårt att uppskatta storleken samt tillväxthastigheten på branden vilket gör att de ofta underskattar den.

(Frantzich, 2001)

7.3 Utrymningsberäkningar

Med utrymningstid avses den tid från att branden startar till att personerna som befinner sig i lokalen har kommit ut till säker plats. Utrymningstiden beräknas enklast genom att dela upp den i de tidigare nämnda deltiderna varseblivningstid, besluts- och reaktionstid samt förflyttningstid. Utrymningstiden beräknas enligt formeln 7.2 nedan (Frantzich, 2001).

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{beslut\&reaktion} + t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 7.2}$$

För att räkna ut tidsmarginalen mellan utrymningstid och tid till kritiska förhållanden används ekvation 7.3 nedan.

$$t_{tidsmarginal} = t_{kritiska\ förhållanden} - t_{utrymning} \quad \text{Ekvation 7.3}$$

Tidsmarginalen är av vikt då denna är ett mått på hur stor säkerhetsmarginal beräkningarna medför. En positiv tidsmarginal innebär att personerna utrymmer innan kritiska förhållanden uppstår.

8. Riskidentifiering

Nedan identifieras objektets risker ur brand- och utrymningsperspektiv.

8.1 Grovanalys

Det är uppenbart att det inte går att analysera alla möjliga brandscenarier, därför görs en kvalitativ grovanalys som jämför troliga och väsentliga brandscenarier. Det som jämförs är sannolikheten att en brand uppstår och hur omfattande konsekvenserna av branden blir. Sannolikheten samt konsekvensen graderas efter en femgradig skala enligt tabell 8.1. Denna skala ska försöka underlätta jämförelserna som görs mellan brandscenierna. Slutsatser som inte kan dras med denna grovanalys är att sannolikheten 5 ofta inträffar på Scandic Infra City. Den korrekta slutsatsen är att brandscenarioet är den mest sannolika i den interna bedömningen.

Tabell 8.1. Skala för sannolikhet och konsekvens.

1	Mycket låg
2	Låg
3	Medel
4	Hög
5	Mycket hög

Därefter väljs de värsta troliga scenarierna ut för vidare analys. Osäkerheterna i detta är att jämförelserna är kvalitativa och det finns risk att brandscenarier som egentligen är sannolika och väsentliga inte kommer med i grovanalysen på grund av för lite insikt i byggnaden.

8.2 Brandscenarier

Nedan redovisas möjliga brandscenarier i olika delar av byggnaden. Alla brandsceniernas sannolikhet och konsekvens sammanfattas i en riskmatris, figur 8.1.

8.2.1 Brandscenario 1. Mässhallen

Brandbelastningen och persontätheten i mässhallen varierar kraftigt. En hög persontäthet i kombination med att lokalen sektioneras upp under vissa evenemang försvårar utrymning. Vid evenemang där teaterrök eller dylikt används avaktiveras rökdetektorer i lokalen.

Ett tänkbart scenario i mässhallen är att det uppstår en brand under Upplands Väsby melodifestival för funktionshindrade, ett evenemang som årligen hålls på Scandic Infra City. Scenen och sektioneringen kommer att blockera ett flertal utrymningsvägar. Under tävlingarna 2013 fanns det runt 1300 personer i lokalen. Sannolikheten att ett sådant scenario uppstår i verkligheten anses vara högt då det finns många potentiella antändningskällor så som varma lampor, elkablar, levande ljus etcetera.

Konsekvens: 5

Sannolikhet: 4

8.2.2 Brandscenario 2. Kongresshallen

Persontätheten i kongresshallen anses vara hög då det får befinna sig maximalt 484 personer i lokalen samtidigt.

Ett scenario i kongresshallen är att branden startar i utrymnet bredvid scenen, se figur 5.1. Då insikten till rummet från de publika platserna är mycket liten kan branden växa till sig innan någon varseblir den, alternativt då detektorerna aktiveras. Sannolikheten att en sådan brand

uppstår anses vara medelstor då det inte finns så många potentiella antändningskällor i utrymmet.

Konsekvens: 4

Sannolikhet: 3

8.2.3 Brandscenario 3. Konferensrum

Det finns ett flertal konferensrum i byggnaden men riskbilden anses inte variera över de olika rummen. Persontätheten är liten jämfört med brandscenarierna i mässhallen och kongresshallen. Brandbelastningen i konferensrummen anses också vara begränsad. Sannolikheten att en brand kan uppstå här anses vara låg.

Konsekvens: 2

Sannolikhet: 2

8.2.4 Brandscenario 4. Kontor i atriet

Kontoren som vetter emot atriet i konferenscenter tillhör inte Scandic Infra City och analyseras därför inte vidare i rapporten. Atriet innebär dock en stor risk för andra hyresgästers verksamheter på Infra City och bör därför utredas vidare.

Konsekvens: -

Sannolikhet: -

8.2.5 Brandscenario 5. Gallerian

Brandbelastning och antändningskällor beror helt på det evenemang som pågår. Undermålig utrymningsskyltning kan skapa förvirring vid utrymning. Dock är persontätheten i denna lokal endast dimensionerad för 150 personer och om det antalet inte överskrids anses konsekvenserna vid en brand vara begränsade. Sannolikheten att det börjar brinna i gallerian antas medelstor då det kan finnas antändningskällor i till exempel installationer.

Konsekvens: 3

Sannolikhet: 3

8.2.6 Brandscenario 6. Expeditionen i konferenscenter

Expeditionen i konferenscenter utgör en brandbelastning på grund av den träkonstruktion som den består av samt en mängd pappersmaterial och datorer. Expeditionen anses kunna leda till en medelkonsekvens. Då expeditionen för det mesta är bemannad är dock sannolikheten för att en brand uppkommer och växer sig stor satt som låg.

Konsekvens: 3

Sannolikhet: 2

8.2.7 Brandscenario 7. Kök- och serveringsavdelning

Tillgänglig statistik (IDA-MSB, 2013) visar på att sannolikheten för brand i kök och restaurang är stor. Konsekvenserna för en brand i Infra Citys restaurangdel är dock medelstora då brandbelastningen är låg och utrymningsmöjligheterna goda. Hur risken är för personer i kontoren som vetter mot atriet behandlas inte i denna rapport, varför enbart utrymningssäkerheten för kökspersonal och gäster i serveringsavdelningen tas med vid bedömning av detta scenario.

Konsekvens: 2

Sannolikhet: 5

8.2.8 Brandscenario 8. Ventilationscentral

Ventilationscentralen på våning noll innebär ingen stor risk vad det gäller brand- och rökspridning så länge brandgasspjällen i ventilationssystemet fungerar. Sannolikheten att en brand startar i ventilationscentralen är mycket låg då antändningskällor är få och det inte finns mycket brännbart material.

Sannolikhet: 1

Konsekvens: 1

8.2.9 Brandscenario 9. Hotellrum

Eftersom varje hotellrum är en egen brandcell samt varje våningsplan avgränsas av en brandcellsgräns anses en brand i hotelldelens högdelen endast ge en låg konsekvens. Detta stärks även genom att hotelldelen har två separata trapphus samt en brandhiss vilket gör att utrymningssituationen anses bra trots att högdelen har 24 våningar. Sannolikheten att en brand uppstår i ett hotellrum anses medelstor.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 2

8.2.10 Brandscenario 10. Atrie i hotelldelen

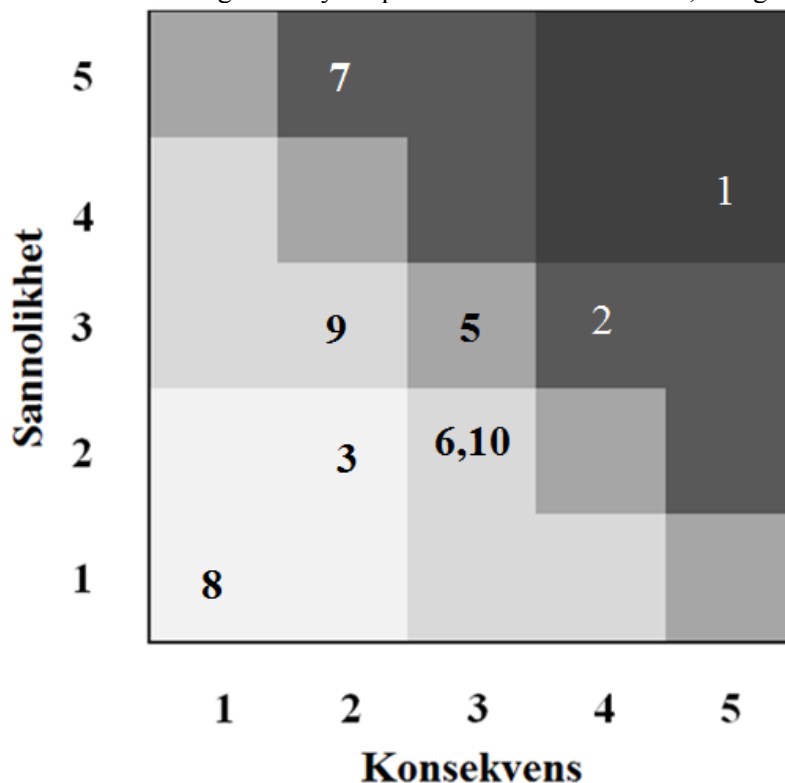
Atriet i hotelldelen innehåller olika brandscenarier men på grund av atriets mycket stora volym, takhöjd samt brandgasluckor i taket anses rökfylldhet ske långsamt och därmed sätts konsekvensen till medelstor. Konsekvensen baseras också på den begränsade brandbelastning som finns i atriet. Branden antas börja i hotellets reception. På grund av att receptionen är bemannad anses sannolikheten som låg att en brand börjar och hinner växa till sig innan personal upptäcker branden och larmar eller släcker den.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 3

8.3 Riskmatris

Brandscenarierna i grovanalysen presenteras i en riskmatris, se figur 8.1.



Figur 8.1. Riskmatris.

Enligt grovanalysen är scenario 1 och 2 de värst troliga scenarierna på grund av att de är scenarierna med högst sannolikhet samt konsekvens, det vill säga högst risk. Därför väljs dessa två scenarier ut för vidare analys. I denna rapport har scenariot i mässhallen valts ut på grund av den höga persontätheten och de problem som kan uppstå vid utrymning. Scenariot i kongresshallen valdes då kritiska förhållanden antogs uppstå efter en mycket kort tid på läktaren.

9. Förenklad dimensionering

I detta avsnitt redovisas en kontroll av mäss- och kongresshallen gällande utrymningssäkerheten genom förenklad dimensionering. Detta görs trots att Infra City är byggnadsklass Br0 vilket innebär krav på analytisk dimensionering. Anledningen är att undersöka om lokalerna är godkända även genom förenklad dimensionering. Denna dimensionering begränsas till att endast behandla gångavstånd och passagemått för utrymningsvägar. Detta görs då dessa punkter anses vara av störst intresse.

9.1 Maximalt gångavstånd

Eftersom mässhallen och kongresshallen har verksamhetsklassen 2B samt att det förväntas att personerna i lokalen inte har god lokalkännedom får utrymningslängden i det mest ogynnsamma fallet vara maximalt 30 meter. Utrymningslängden är den längd som krävs för att komma vidare till nästa brandcell eller ut till en utrymningsväg. Dock ökas denna sträcka med en tredjedel eftersom lokalen skyddas med ett sprinklersystem (Almgren et al, 2012).

9.2 Dimensionerat passagemått i utrymningsväg

Det finns allmänna råd kring den minsta, fria öppningsbredden i lokalen. Det allmänna rådet angående utrymningsvägar är följande:

- Utrymningsvägar som betjänar fler än 150 personer bör ha en fri bredd på minst 1,2 meter.
- 1,00 meter fri dörrbredd per 150 personer.
- Om en av utrymningsvägarna blockeras bör de övriga ha sådan bredd att 1 meter motsvarar 300 personer.
- Samlingslokaler bör ha minst ha fyra utrymningsvägar för lokaler som avsedda för fler än 1000 personer.

Dessa allmänna råd används i bilaga F vid kontroll av passagemått.

(Almgren et al, 2012)

9.3 Slutsats

Nedan redovisas slutsatser dragna efter beräkningar i bilaga F.

9.3.1 Mässhallen

Nedan redovisas följande punkter vilka har kontrollerats mot de allmänna råden i Brandskyddshandboken (Almgren et al, 2012).

Tabell 9.1. Översikt över om mässhallen uppfyller de krav samt allmänna råd som finns i den förenklade dimensioneringen.

Förenklad dimensionering, utrymning vid brand	Uppfyller krav och allmänna råd	Uppfyller inte krav och allmänna råd
Maximalt gångavståndet till närmsta utrymningsväg eller annan brandcell		X
Passagemåttet i utrymningsvägen	X	

Kravet för maximalt gångavstånd till närmaste utrymningsväg eller annan brandcell uppfylls inte enligt beräkningar i bilaga F, något som redovisas i tabell 9.1 ovan. Därför anses en analytisk dimensionering och kontroll nödvändig för att säkerställa utrymning ur mässhallen.

9.3.2 Kongresshallen

Nedan redovisas följande punkter vilka har kontrolleras mot allmänna råden i Brandskyddshandboken (Almgren et al, 2012).

Tabell 9.2. Översikt över om kongresshallen uppfyller de krav samt allmänna råd som finns i den förenklade dimensioneringen.

Förenklad dimensionering, utrymning vid brand	Uppfyller krav och allmänna råd	Uppfyller inte krav och allmänna råd
Maximalt gångavståndet till närmsta utrymningsväg eller annan brandcell	X	
Passagemåttet i utrymningsvägen	X	

Kongresshallen uppfyller båda kraven enligt tabell 9.2. Kongresshallen är dock en komplex lokal med bland annat en läktare som kan innebära risk för personer som ska utrymma därifrån. Trots att lokalen klarar kraven på den förenklade dimensioneringen görs en vidare analytisk dimensionering av kongresshallen i kapitel 11 för att ytterligare säkerställa personsäkerheten. Dessutom ingår kongresshallen i en Br0-klassad byggnad varvid en analytisk dimensionering ändå måste genomföras (Boverket IV, 2011).

10. Scenario 1 - Mässhall

I detta avsnitt analyseras brandscenariot i mässhallen.

10.1 Beskrivning av scenario 1

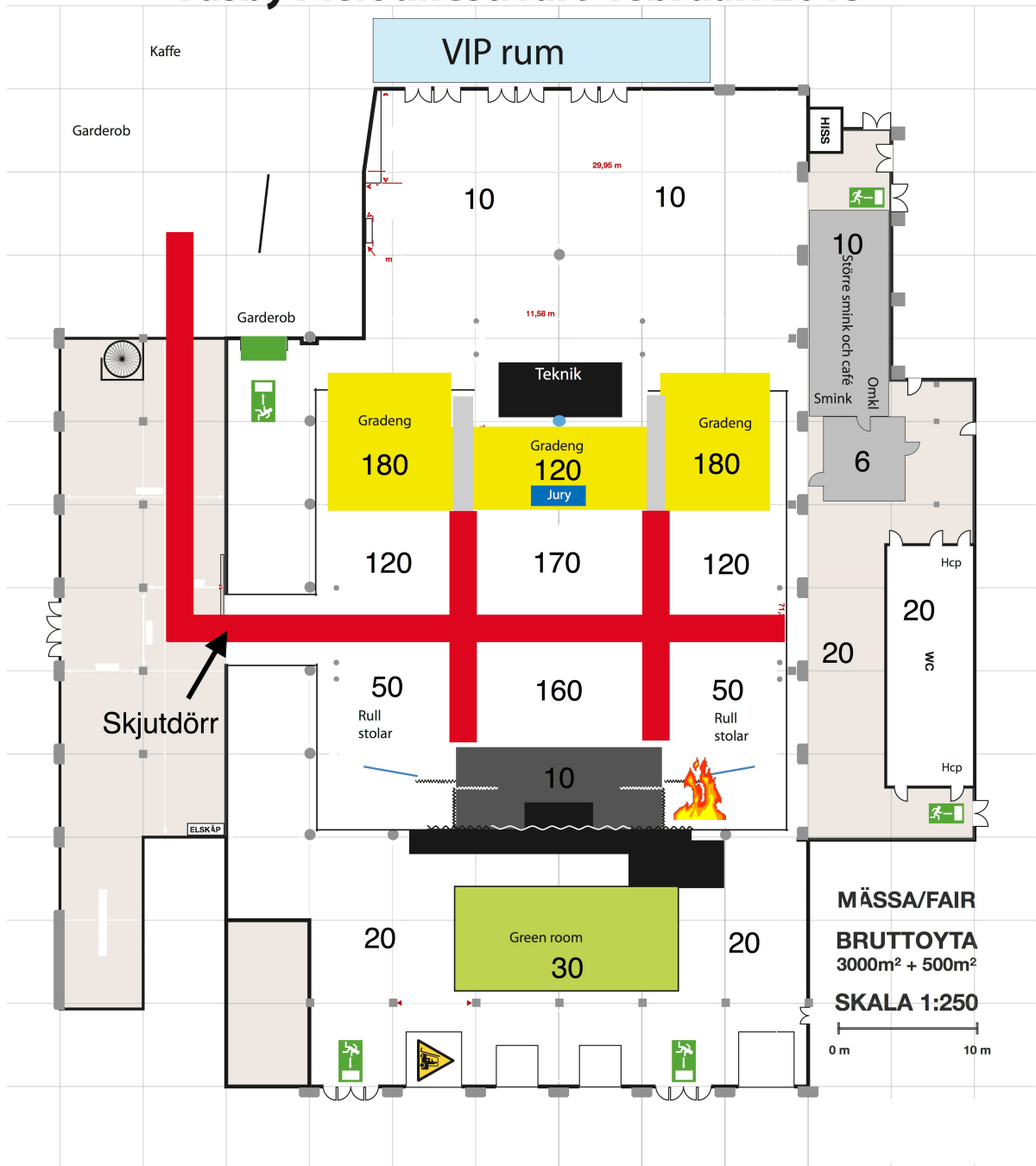
En mer detaljrik beskrivning av brandscenariot i mässhallen beskrivs nedan.

10.1.1 Mässhallens utformning

Mässhallen är en lokal där det återkommande hålls stora evenemang som biosittningar, bilmässor med mera. I lokalen får upp till 1800 personer vistas samtidigt. För att få en känsla av lokalens storlek är dess ungefärliga mått 72 x 42 x 6,6 (lxbxh) meter. Ett av de återkommande evenemangen är Upplands Väsby melodifestival som årligen arrangeras på Infra City. Detta evenemang anses resultera i allvarliga konsekvenser vid brand med avseende på utrymning och väljs därför som ett scenario enligt riskidentifieringen i kapitel 8.

I figur 10.1 visas en schematisk skiss över de sektioneringar som görs under evenemanget. Här åskådliggörs även hur många personer som befinner sig i de olika publiksektionerna i lokalen. Som visas i figur 10.1 nedan används enbart en del av mässhallen som sittplatser för gäster där detta område avgränsas från resten av lokalen med draperier. Enligt figur 10.1 och visuella observationer från bilder och filmer från evenemanget finns inga naturliga öppningar i draperierna. Troligtvis är dock draperierna sektionerade så att personer delvis kan röra sig genom dem. Draperierna kommer dock utgöra ett problem vid utrymning. Enligt observationerna sätts inga utrymningsskyltar upp på draperierna. I lokalen finns personal från Infra City och Upplands Väsby melodifestival varav vissa har som uppgift att vara brandvakter. Dessa utgör dock enbart ett mycket litet antal i jämförelse med gästerna. Under evenemanget är rök- och värmedetektorerna i lokalen avstängda.

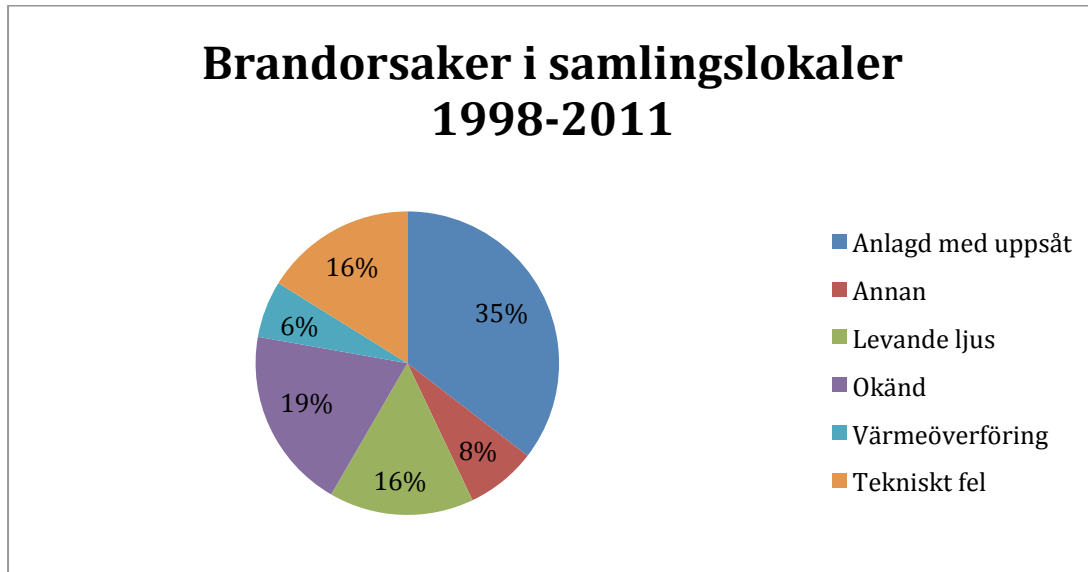
Väsby Melodifestival 9 februari 2013



Figur 10.1. Mässhallens utseende under Upplands Väsby melodifestival med siffror som beskriver personantal i lokalens olika delar. Brandens placering är markerad i figuren.

10.1.2 Brandorsak

För att få en uppfattning om vilka brandorsaker som är relevanta för lokalen har statistik för brandorsaker i samlingslokaler använts, se figur 10.2 (MSB, 2013).



Figur 10.2. Brandorsaker i samlingslokaler (IDA - MSB, 2013).

Anlagd brand, okänd brandorsak, levande ljus samt tekniskt fel är möjliga brandorsaker. I detta brandscenario antas gnistbildning från elektrisk utrustning vara brandorsaken. Ovanstående statistik och resonemang antas även gälla för kongresshallen.

10.1.3 Brandens placering

En brand kan uppkomma på en mängd olika ställen i lokalen. Vid val av en rimlig placering togs aspekter så som var det finns brännbart material och antändningskällor i beaktande. Branden antas uppkomma vid sidan av scenen vid draperierna enligt figur 10.1 ovan.

10.1.4 Brandbelastning

Bredvid scenen finns en mängd brännbart material så som tygdraperier, elektronikutrustning, stolar med mera. Approximationen görs att allt brännbart material består av polyuretan och polyuretanskum, ett konservativt men rimligt antagande då polyuretan är vanligt förekommande och är mycket sotande (Ohlemiller & Shields, 2008). Eftersom denna analys enbart behandlar det inledande brandförloppet tills det att kritiska förhållanden uppstår, och underlag för exakt hur mycket material som finns i mässhallen vid evenemanget saknas, specificeras inte brandbelastningens massa mer exakt. Enligt uppskattning och överslagsräkning i bilaga D finns det dock tillräckligt med bränsle för att generera en brand enligt den i scenariot.

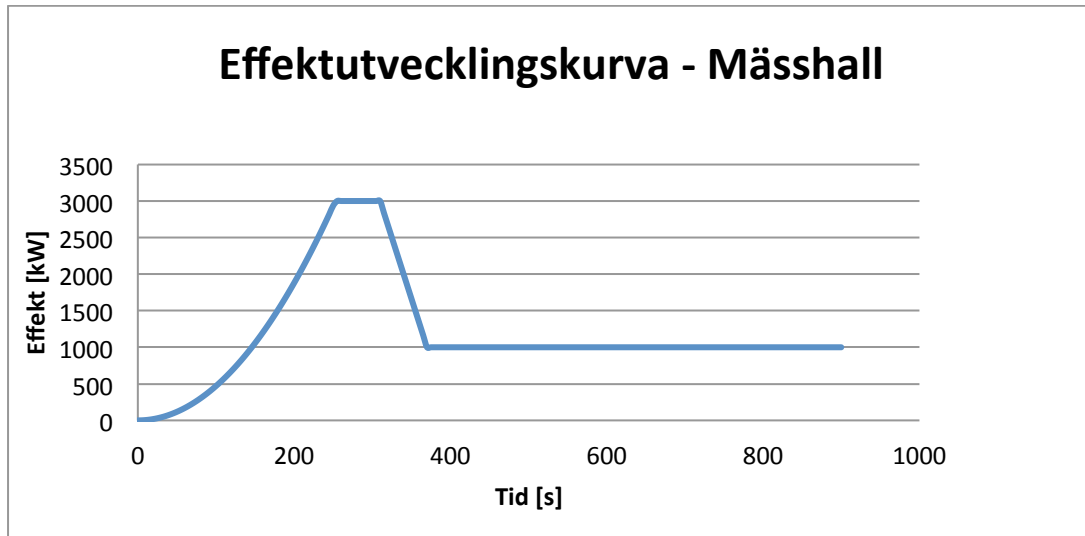
10.1.5 Persontäthet

Persontätheten uppskattas vara mycket hög i vissa delar av mässhallen då lokalen är sektionerad med tygsjalusier enligt bilaga B och figur 10.1. Detta innebär att majoriteten av personerna i lokalen vistas på en mindre del av lokalens yta. Totalt fanns det omkring 1300 personer i lokalen placerade utplacerade som i figur 10.1 ovan.

Sittplatserna är placerade i sektionerna mellan de röda mattorna enligt figur 10.1 samt på gradängerna. Bakom scenen finns ett "greenroom" där ett flertal artister, musiker och ledsagare befinner sig. I sminkavdelningen, VIP-rummet och på toaletter befinner sig enbart ett fåtal personer. Den överlägset största persontätheten är i publikområdet mellan teknikbåset och scenen.

10.2 Effektutveckling

I scenariot antas sprinklersystemet fungera som det ska och därmed påverka brandens effektutveckling enligt figur 10.4 nedan.



Figur 10.4. Effektutvecklingskurva – Mässhall.

Med utgångspunkt från Enclosure Fire Dynamics (Karlsson & Quintiere, 2000) och rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011) ansätts brandens tillväxthastighet till ”fast”, det vill säga att den tilltar med $0,047 \text{ kW/s}^2$, till dess att sprinkler aktiverar. Efter drygt fyra minuter beräknas sprinklersystemet, med hjälp av beräkningsprogrammet DetactT2, att aktivera, se bilaga B. Branden har då uppnått en effekt på 3000 kW. Effekten antas därefter hållas konstant under en minut för att sedan avta och sjunka till en konstant nivå på 1000 kW till dess att räddningstjänsten anländer och kan släcka branden. Antagandena om sprinklersystemets inverkan på effektutvecklingen grundas på rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011).

10.3 Tid till kritiska förhållanden

Nedan redovisas kritiska förhållanden för scenariot i mässhallen. De olika kriterierna delas upp för att på ett enklare sätt kunna dra slutsatser om de kritiska förhållandena. Kritiska förhållanden beräknas med hjälp av FDS-simuleringar och redovisas vidare i bilaga B.

10.3.1 Brandgaslagerhöjd

Den kritiska brandgaslagerhöjden i mässhallen beräknas, med en takhöjd på 6,6 meter, till 2,3 meter enligt formeln för kritisk brandgaslagerhöjd i tabell 3.1. Enligt simuleringar i FDS kommer brandgaslagret att nå denna höjd efter 200 sekunder, dock endast vid en mät punkt, se bilaga B. Brandgaslagret kommer därefter att höja sig i lokalen. Samtliga mätpunkter är kring kritisk höjd efter 700 sekunder och därför görs antagandet att det är först vid denna tid som brandgaslagerhöjden når kritiska förhållanden.

10.3.2 Siktbarhet 2 meter ovan golv

Sikten varierar mycket i lokalen vilket gör det svårt att fastställa en exakt tidpunkt då sikten uppnår det kritiska förhållandet på tio meter. Det går däremot att fastställa att kritiska förhållanden med hänsyn till sikt når stora delar av åskådarpplatserna efter 500 sekunder. Temperaturen hos brandgaserna är lägre längre bort från branden på grund av omblandning vilket leder till att även siktbarheten är sämre här. Intervallet väljs från 400 sekunder, vilket är den tid då vissa delar har uppnått kritiska förhållanden och upp till 600 sekunder då hela mässhallen har uppnått kritiska förhållanden. Intervall redovisas i en triangelfördelning enligt tabell 10.1 nedan.

Tabell 10.1. Tid till kritisk siktbarhet 2 meter ovan golv i mässhallen.

Triangelfördelning	Tid till kritiska förhållanden [s]
Min	400
Topp	500
Max	600

10.3.3 Värmestrålning/Värmedos

Då brandgaslagret inte kommer upp i den kritiska temperaturen 80 grader Celsius kommer heller inte kritisk strålning från brandgaslagret uppnås. Här beräknas enbart strålningen från branden genom handberäkningar. Resonemang och beräkningar som ligger till grund för detta redovisas i bilaga E. Slutsatsen är att ingen kritisk nivå uppkommer till följd av strålning.

10.3.4 Temperatur

Alla de temperaturer som uppmättes i simuleringar understiger den kritiska temperaturen 80 grader Celsius. Därför kommer inte temperaturen i eller under brandgaslagret vara avgörande för de kritiska förhållandena i mässhallen.

10.3.5 Slutsats

I tabell 10.2 nedan redovisas resultaten för tid till kritiska förhållanden.

Tabell 10.2. Tid till kritiska förhållanden i mässhallen.

Kriterium	Tid till kritiskt förhållande [s]
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	700
2. Siktbarhet, 2 meter ovan golv	500
3. Värmestrålning/Värmedos	Når inte kritiska förhållanden
4. Temperatur	Når inte kritiska förhållanden

I kapitel 3.3 klagörs att kritiska förhållanden uppnås först då kriterium 1 och 2 uppfylls samtidigt eller något av kriterierna 3-5 enligt tabell 3.1. Eftersom toxicitet inte behandlas i denna analys samt värmestrålning och temperatur inte når upp till kritiska förhållanden diskuteras endast brandgaslagrets nivå samt siktbarheten vidare.

För att räkna konservativt väljs tiden då siktbarheten i mässhallen når kritiska förhållanden. Detta görs trots att båda kriterierna inte uppfyllts. Antagandet bygger på att branden i mässhallen är liten relativt storleken på lokalen och brandgaserna kommer därför inte att uppnå särskilt hög temperatur. Detta gör att brandgaslagrets exakta position är svår att bestämma, även i simuleringsprogram så som FDS. Tid till kritiska förhållanden väljs därmed till 500 sekunder tillsammans med ett intervall enligt tabell 10.1 ovan.

10.4 Verifiering med FDS

En simulering med finare celler görs i FDS för att se om resultaten skiljer sig åt. Cellstorlekarna som används är celler vars sidor är 1 dm närmast branden och 2 dm i resten av lokalen. Nedan jämförs tid till kritiska förhållanden i tabell 10.3 mellan de båda simuleringarna.

Tabell 10.3. Jämförelse mellan simuleringresultat vad gäller tid till kritiska förhållanden.

Kriterium	Tid till kritiskt förhållande [s]	Tid till kritiskt förhållande [s] Verifieringssimulering
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	700	Når inte kritiska förhållanden
2. Siktbarhet, 2 meter ovan golv	500	540
3. Värmestrålning/Värmedos	-	-
4. Temperatur	Når inte kritiska förhållanden	Når inte kritiska förhållanden

För att mer ingående ta del av verifieringen se bilaga B.

10.5 Utrymningstid

Den totala utrymningstiden för mässhallen beräknas genom att lägga ihop varseblivningstid, besluts- och reaktionstid samt förflyttningstid. En faktor som påverkar utrymningstiden är att brandlarmet är fränkopplat i detta scenario. På grund av detta blir framförallt varseblivningstiden längre då en i personal eller en gäst måste varsebli branden och sedan trycka på en larmknapp för att utrymningslarmet ska aktiveras. Något som påverkar framförallt förflyttningstiden är de draperier som avgränsar publiksektionerna från resten av lokalen. Dessa kan komma att försvåra utrymning då gäster inte har kännedom om utrymningsvägarna eller finner det svårt att utrymma genom draperierna.

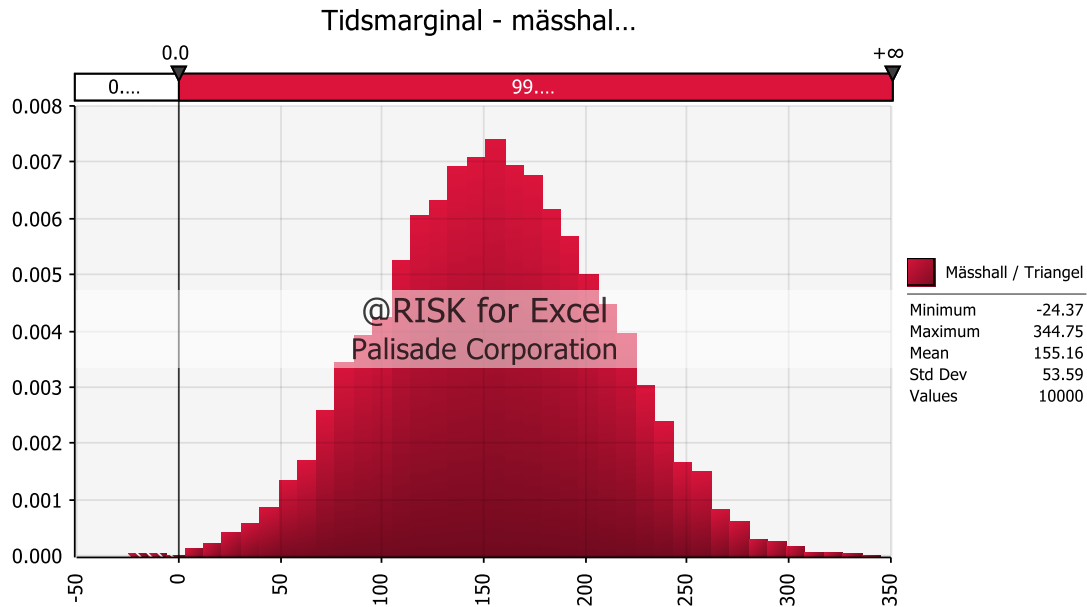
Mer utförliga beräkningar och resonemang redovisas i bilaga A. I tabell 10.3 nedan redovisas resultaten från beräkningarna med en triangelfördelning.

Tabell 10.3. Total utrymningstid, mässhallen.

Triangelfördelning	Total utrymningstid, mässhallen [s]
Min	230
Topp	345
Max	460

10.6 Tidsmarginal

Genom att beräkna tidsmarginalen i @RISK mellan tid till kritiska förhållanden och total utrymningstid fås en uppskattning om i hur många procent av fallen personerna i lokalen kommer utsättas för kritiska förhållanden. I figur 10.5 nedan redovisas tidsmarginalen för utrymning från mässhallen.



Figur 10.5. Tidsmarginal för personer i mässhallen.

Ur figur 10.5 ovan kan utläsas att i 0,1 procent av fallen kommer personer inte att hinna utrymma innan det uppstår kritiska förhållanden i mässhallen. Medelvärdet för tidsmarginalen är 155 sekunder. De fall som kommer befinna sig längst i kritiska förhållanden gör det i 24 sekunder medan i de snabbaste fallen utrymmer 345 sekunder innan kritiska förhållanden uppstår. Då osäkerheterna är stora i dessa fördelningar avrundas värdena till -25, 160 och 345 sekunder. Härmed är det tydligt att intervallet för tidsmarginalen i mässhallen är relativt brett.

10.7 Resultat

Eftersom tidsmarginalen i 0,1 procent av de mest konservativa fallen blir negativa anses skyddsmålet uppfyllt och därmed behövs inga vidare åtgärder. Trots att skyddsmålet anses uppfyllt görs vidare analys av kompletterande åtgärder för att se om utrymning kan effektiviseras ytterligare. Åtgärdsförslag som bör utföras redovisas i kapitel 14.

11. Scenario 2 - Kongresshallen

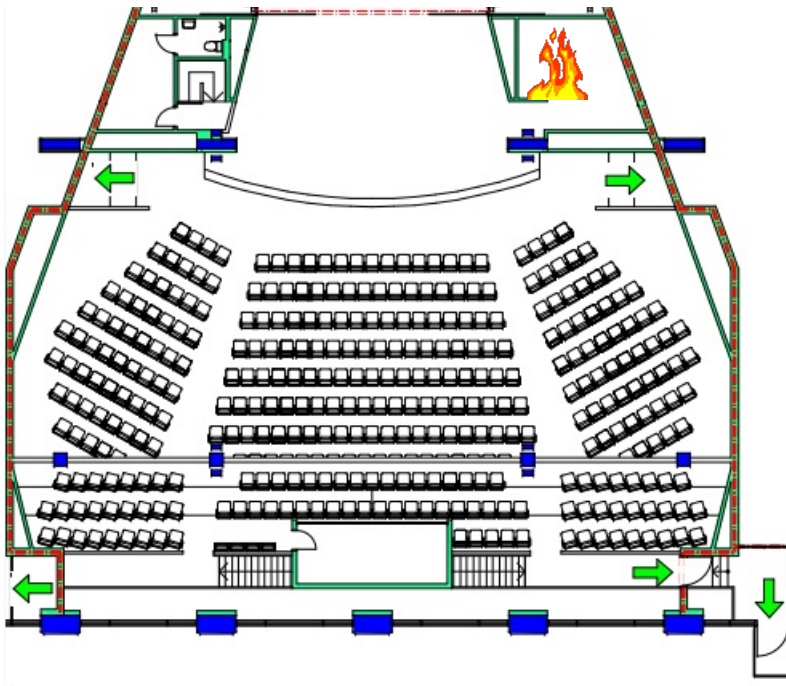
I detta avsnitt analyseras brandscenariot i kongresshallen.

11.1 Beskrivning av brandscenario 2

En mer detaljrik beskrivning av brandscenariot i kongresshallen beskrivs nedan.

11.1.1 Kongresshallens utformning

Kongresshallen används först och främst till föreläsningar och seminarier av olika slag. Två mindre rum finns i anslutning till scenen, varav det ena fungerar som loge med tillhörande toalett. Det andra utrymmet utgör förvaring av diverse möblemang, samt elektronikutrustning. I bakre änden av lokalen finns en läktare som rymmer ungefär 100 personer. På läktaren finns också ett ljudbås varifrån ljud och ljus till scenen sköts. Två trappor går från golvplan i kongresshallen upp till läktaren. Kongresshallens golv lutar något vilket eventuellt kan försvåra en utrymning, framförallt för personer med nedsatt rörelseförmåga.



Figur 11.1. Ritning över kongresshallen där pilarna visar var utrymningsvägarna är lokaliserade.

I scenariot antas branden starta i förvaringsutrymmet framme vid scenen, se figur 11.1 ovan. Branden upptäcks inte till en början eftersom ingen befinner sig i utrymmet vilket gör att branden hinner tillta något innan gästerna i lokalen varseblir den.

11.1.2 Brandorsak

Samma statistik som för brandorsak i mässhallen är applicerbart för detta scenario, se figur 10.3. Den elektronikutrustning som fanns på plats skulle kunna utgöra möjliga användningskällor. Slitage på kablar eller annat elfel skulle till exempel kunna orsaka gnistbildning och då vara en användningskälla. Om utrustning så som projektorer eller overheadapparater glöms stängas av och/eller täcks för skulle de efter hand kunna hettas upp så pass mycket att antändning inträffar.

11.1.3 Brandens placering

I fråga om brandens placering har det scenario valts som anses vara mest troligt och som samtidigt skulle kunna få stora konsekvenser. Med tanke på att scenutrymmet innehåller relativt mycket brännbart material och det faktum att en eventuell brand till en början skulle skymmas för publiken valdes denna placering.

11.1.4 Brandbelastning

Brandbelastningen i scenutrymmet kan variera men antas i scenariot bestå av fyra stycken stoppade fåtöljer samt ett par staplar med extrastolar som fanns på plats vid objektsbesöket. Approximationen görs att allt brännbart material består av polyuretan och polyuretanskum, ett konservativt men rimligt antagande då polyuretan är vanligt förekommande och är mycket sotande (Ohlemiller & Shields, 2008). Eftersom denna analys enbart behandlar det inledande brandförloppet till det att kritiska förhållanden uppstår, och underlag för exakt hur mycket material som finns i kongresshallen saknas, specificeras inte brandbelastningens massa mer exakt. Enligt uppskattning och överslagsräkning, bilaga D, finns dock tillräckligt med bränsle för att generera en brand enligt den i scenariot.

11.1.5 Persontäthet

I salen finns 425 fasta sittplatser och det maximala antalet personer som får vistas i lokalen samtidigt är 484. Därför finns möjligheten att sätta in extra stolar för att utnyttja dess kapacitet till fullt. Då alla sittplatser är fyllda är större delen av åhörarna, cirka 400, fördelade på de tre sektionerna i kongresshallens golvnivå samt ytterligare 100 besökare på läktaren längst bak i lokalen. Endast två personer befinner sig på scenen och inga i de intilliggande scenutrymmena.

11.2 Effektutveckling

I scenariot antas sprinklersystemet fungera som det ska och därmed påverka brandens effektutveckling enligt figur 11.2 nedan.



Figur 11.2. Effektutvecklingskurva – kongresshall.

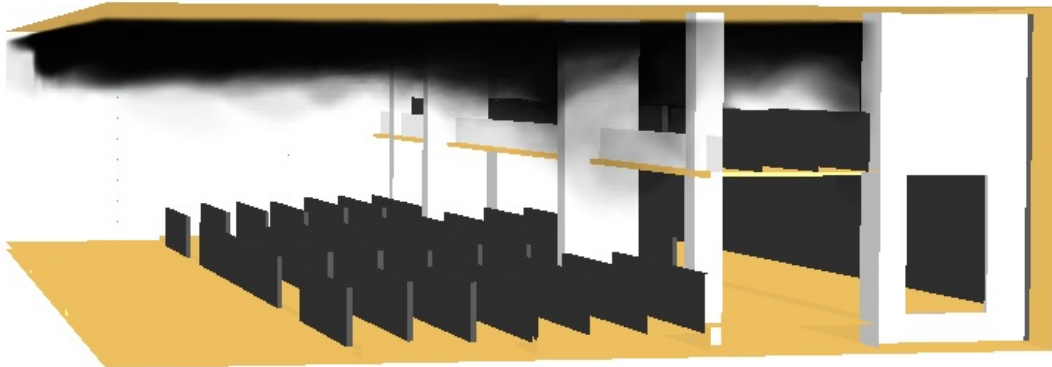
Med utgångspunkt från Enclosure Fire Dynamics (Karlsson & Quintiere, 2000) ansätts brandens tillväxthastighet till ”fast”, det vill säga att den tilltar med $0,047 \text{ kW/s}^2$, till dess att sprinkler aktiveras. Med hjälp av simuleringsprogrammet DetactT2 beräknas detta ske efter tre och en halv minut då branden uppnått en effekt på drygt 2000 kW, se bilaga C. Effekten antas därefter konstant under en minut för att sedan avta och sjunka till en konstant nivå på 670 kW till dess att räddningstjänsten anländer och kan släcka branden. Antagandena om sprinklersystemets inverkan på effektutvecklingen grundas på rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011).

11.3 Tid till kritiska förhållanden

Nedan redovisas vilka kritiska förhållanden som uppnås i simuleringen av brand med sprinkleraktivering i kongresshallen. Då tid till kritiska förhållanden kommer uppnås betydligt tidigare på läktaren än på golvplan delas scenariot upp i två delscenarion. Kritiska förhållanden beräknas med hjälp av CFAST-simuleringar och redovisas vidare i bilaga C.

11.3.1 Delscenario – läktare

I detta delscenario beräknas tid till kritiska förhållanden för personer på läktaren.



Figur 11.3. Personerna på läktaren utsätts för brandgaser i ett tidigt skede.

11.3.1.1 Brandgaslagerhöjd

Den kritiska höjden för brandgaslagret beräknas, med en takhöjd på 2,4 meter, till 1,84 meter från läktarens golv till taket enligt formeln för brandgaslagrets höjd i tabell 3.1. Ett intervall tas fram genom att variera brandens tillväxthastighet vilket redovisas i bilaga C. Intervallet redovisas i tabell 11.1 i en triangelfördelning nedan.

Tabell 11.1. Tid till kritiska förhållanden på läktaren, brandgaslagerhöjd.

Triangelfördelning	Tid till kritiska förhållanden [s]
Min	70
Topp	90
Max	110

11.3.1.2 Siktbarhet 2 m ovan golv

Då simuleringarna gjordes i CFAST och siktbarheten inte kan beräknas i detta simuleringsprogram togs inget värde fram.

11.3.1.3 Värmestrålning/Värmedos

Då branden startar i ett avskärmat utrymme bedöms strålningen från branden inte påverka människorna i kongresshallen nämnvärt. Eftersom brandgaslagret inte uppnår temperaturer över 80°C kommer inte heller strålningen från brandgaslagret ge upphov till kritiska förhållanden. Bedömningen är således att ingen beräkning på vare sig strålning från branden eller brandgaslagret behöver utföras.

11.3.1.4 Temperatur

Brandgaslagrets temperatur beräknades med hjälp av CFAST. Ingen av simuleringarna gav värden på temperaturer över tillåtna 80°C.

11.3.1.5 Slutsats

Tiderna till kritiska förhållanden värderas mot varandra i tabell 11.2 nedan.

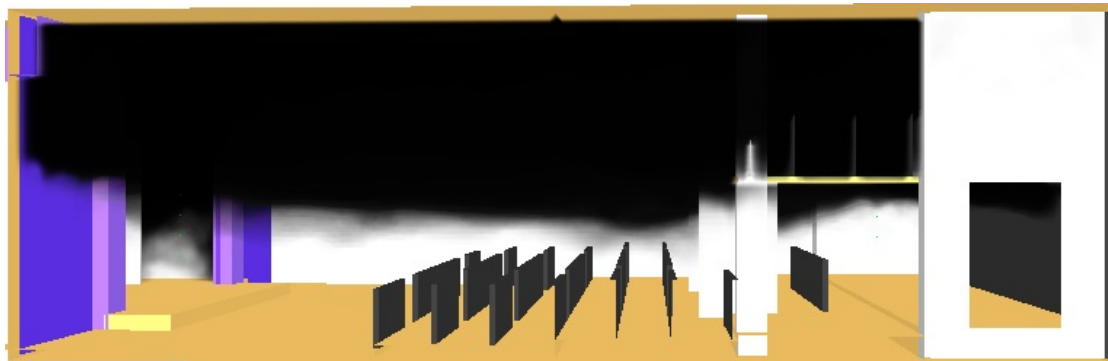
Tabell 11.2. Tid till kritiska förhållanden på läktaren, sammanfattning.

Kriterium	Tid till kritiskt förhållande [s]
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	90
2. Siktbarhet, 2 meter ovan golv	-
3. Värmestrålning/Värmedos	Når inte kritiska förhållanden
4. Temperatur	Når inte kritiskt förhållanden

På grund av att enbart ett värde för tid till kritiska förhållanden på läktaren är framtaget, 90 sekunder tillsammans med intervallet i tabell 11.2, väljs detta intervall.

11.3.2 Delscenario – golvnivå

I detta delscenario beräknas tid till kritiska förhållanden för personer på golvnivå i kongresshallen.



Figur 11.4. Det dröjer betydligt längre innan kritiska förhållanden nås på golvnivå.

11.3.2.1 Brandgaslagerhöjd

Den kritiska höjden för brandgaslagret beräknas, med en takhöjd på 5,5 meter, till 2,15 meter för golvplan i kongresshallen enligt formeln för brandgaslagrets höjd i tabell 3.1. Ett intervall tas fram genom att variera brandens tillväxthastighet vilket redovisas i bilaga C. Intervallet redovisas i tabell 11.3 i en triangelfördelning nedan.

Tabell 11.3. Tid till kritiska förhållanden på golvnivå, brandgaslagerhöjd.

Triangelfördelning	Tid till kritiska förhållanden [s]
Min	280
Topp	330
Max	380

11.3.2.2 Siktbarhet 2 m ovan golv

Då simuleringarna gjordes i CFAST och siktbarheten inte kan beräknas i detta simuleringsprogram togs inget värde fram.

11.3.2.3 Värmestrålning/Värmedos

Samma resonemang som i avsnitt 11.3.1.3 förs även här där ingen strålning från branden eller brandgaslagret beräknas.

11.3.2.4 Temperatur

Temperaturen för brandgaslagret beräknades i CFAST. Inga av simuleringarna gav värden på temperaturer över tillåtna 80°C.

11.3.2.5 Slutsats

Tiderna till kritiska förhållanden värderas mot varandra i tabell 11.4 nedan.

Tabell 11.4. Tid till kritiska förhållanden på golvnivå, sammanfattning.

Kriterium	Tid till kritiskt förhållande [s]
1. Brandgaslagrets nivå ovan golv	330
2. Siktbarhet, 2 meter ovan golv	-
3. Värmestrålning/Värmedos	Når inte kritiska förhållanden
4. Temperatur	Når inte kritiska förhållanden

På grund av att enbart ett värde för tid till kritiska förhållanden på golvplan är framtaget, 330 sekunder tillsammans med intervallet i tabell 11.3, väljs detta intervall.

11.4 Verifiering av CFAST med FDS

Genom att simulera brandscenariot i FDS verifieras beräkningarna i CFAST. I FDS beräknas även siktbarheten vilket är ytterligare en parameter som spelar in för tid till kritiska förhållanden. Beräkningar och resonemang redovisas vidare i bilaga C. I tabell 11.5 och 11.6 jämförs tid till kritiska förhållanden.

Tabell 11.5. Tid till kritiska förhållanden för läktare.

Kriterium - Läktare	Tid till kritiskt förhållande, CFAST [s]	Tid till kritiskt förhållande, FDS [s]
1. Brandgaslagrets nivå	90	120
2. Siktbarhet 2 meter ovan golv	-	140

Tabell 11.6. Tid till kritiska förhållanden för golvnivå.

Kriterium - Golvnivå	Tid till kritiskt förhållande, CFAST [s]	Tid till kritiskt förhållande, FDS [s]
1. Brandgaslagret	325	270
2. Siktbarhet 2 meter ovan golv	-	250

Vad som kan utläsas ur tabell 11.5 och 11.6 ovan är att simuleringarna i CFAST snabbare uppnår kritisk nivå för brandgaslagerhöjd på läktaren gentemot motsvarande simulering i FDS. På golvnivå är resultatet det motsatta där simuleringarna i FDS uppnår kritiska förhållanden först. När det gäller jämförelse mellan siktbarhet och brandgaslagrets höjd finns inga tydliga mönster för läktaren och golvnivå. Den slutsats som kan dras är att i det tidigare skedet är CFAST konservativt i jämförelse med FDS. Senare under brandförloppet, då kritiska förhållanden uppstår på golvnivå, är istället FDS konservativt med en kortare tid till kritiska förhållanden.

Varför kritisk siktbarhet uppstår tidigare än kritisk brandgaslagerhöjd i tabell 11.6 beror delvis på att siktbarheten varierar över lokalen, därför blir det svårt att sätta en exakt tid där siktbarheten når en kritisk nivå genom att bara granska en slicefile, se bilaga C. Det sker också en omblandning av brandgaser och omgivande luft vilket kan bidra till att siktbarheten blir kritisk före brandgaslagerhöjden. Utöver detta finns det osäkerheter i algoritmen som FDS använder för att beräkna brandgaslagerhöjd. Dessa osäkerheter blir stora om temperaturskillnaden mellan brandgaser och luft är liten, vilket är fallet i kongresshallen.

Att välja resultaten från simuleringarna i FDS skulle innebära att personerna på läktaren skulle få 30 sekunder till på sig att utrymma i genomsnitt. Huruvida FDS eller CFAST ger mest tillförlitligt resultat för kongresshallen diskuteras vidare i kapitel 15.

Intervallen för tid till kritiska förhållanden ut ur kongresshallen samt ner från läktaren sammanfattas i tabell 11.8 nedan.

11.5 Utrymningstid

Den totala utrymningstiden för kongresshallen beräknas genom att lägga ihop varseblivningstid, besluts- och reaktionstid samt förflyttningstid. Eftersom kritiska förhållanden uppkommer betydligt tidigare för personer på läktaren än på golvnivå delas utrymningen in i två olika utrymningsscenarior. Ett för personer på läktaren och ett för personer på golvnivå. Då rök- och värmedetektorerna i detta scenario inte är fränkopplade är varseblivningstiden relativt enkel att beräkna, se bilaga C. En faktor som påverkar den totala förflyttningstiden är de trappor som leder ner från läktaren. Överlag sker utrymningen i kongresshallen på ett effektivt sätt.

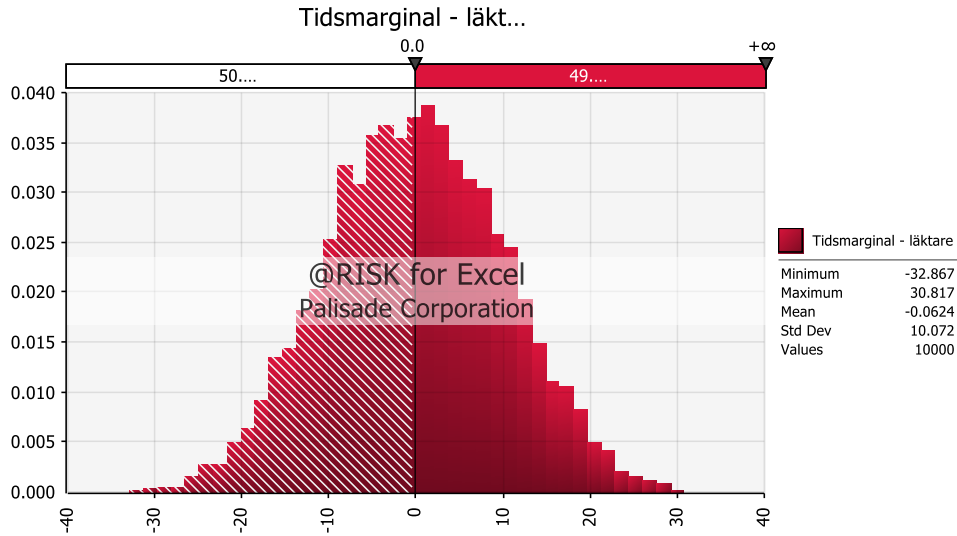
Mer utförliga beräkningar och resonemang redovisas vidare i bilaga A. I tabell 11.8 nedan redovisas resultaten från beräkningarna i en triangelfördelning.

Tabell 11.8. Tid till kritiska förhållanden i kongresshallen.

Triangelfördelning	Total utrymningstid för golvnivå [s]	Total utrymningstid ner från läktare [s]
Min	120	70
Topp	145	90
Max	175	110

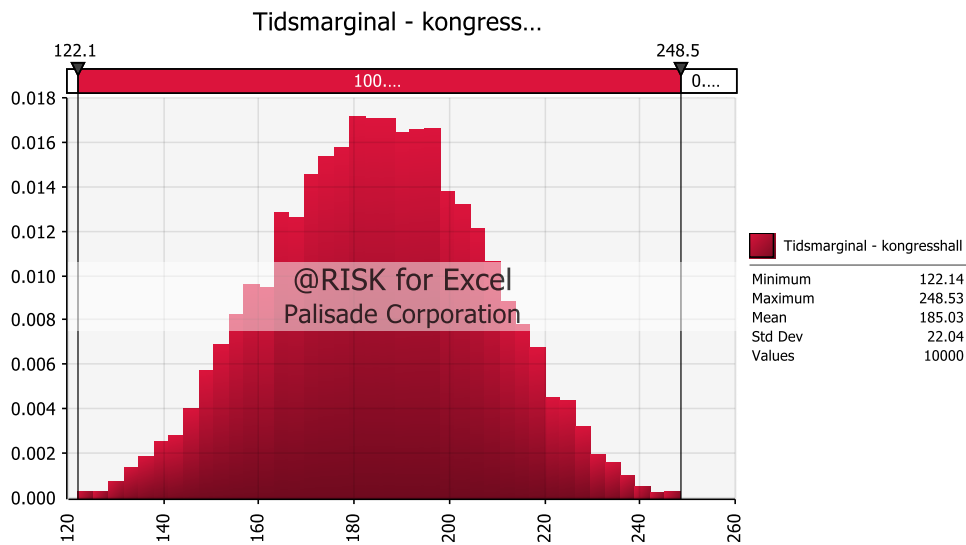
11.6 Tidsmarginal

Genom att beräkna tidsmarginalen i @RISK mellan tid till kritiska förhållanden och total utrymningstid fås i hur många procent av fallen som personerna i lokalen kommer utsättas för kritiska förhållanden. I figur 11.5 och 11.6 nedan redovisas tidsmarginalen för utrymning från kongresshallen och ner från läktaren i kongresshallen.



Figur 11.5. Tidsmarginalen för personer som befinner sig på läktaren i kongresshallen.

Enligt figur 11.5 hinner personerna på läktaren i 49,6 % av fallen inte att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Det kan utläsas att personerna på läktaren kommer att befinna sig i kritiska förhållanden i genomsnitt 0 sekunder. Med andra ord utrymmer personerna på terrassen i genomsnitt samtidigt som kritiska förhållanden uppstår.



Figur 11.6. Tidsmarginalen för personer som befinner sig på golvnivå i kongresshallen.

Enligt figur 11.6 kommer personerna på golvnivå i 100 % av fallen hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Personer utrymmer i genomsnitt 185 sekunder innan kritiska förhållanden uppstår.

11.7 Resultat

Enligt ovanstående simuleringar och beräkningar klarar alla personer på golvnivå att utrymma ut ur kongresshallen innan kritiska förhållanden uppstår. Enligt figur 11.5 kommer cirka 50 % av fallen inte hinna utrymma ner från läktaren innan kritiska förhållanden uppstår och därmed uppfylls inte skyddsmålet. Då skyddsmålet inte anses uppfyllt görs vidare analys av erfodrade åtgärder för att se om utrymning kan effektiviseras ytterligare. Åtgärdsförslag som ska utföras redovisas i kapitel 12.

12 Erfordrade åtgärder

Nedan redovisas de erfordrade åtgärderna som ska vidtas för att förbättra brandskydd samt utrymningssituationen i Scandic Infra Citys lokaler. Dessa åtgärder måste vidtas för att uppnå skyddsmålet.

12.1 Mässhall

I detta avsnitt redovisas erfordrade åtgärder för mässhallen.

12.1.1 Genomgång av utrymningssituationen

Genom att inför varje evenemang och föreställning tydligt gå igenom utrymningssituationen kommer medvetenheten hos gästerna att förbättras. Detta görs förslagsvis från en person på scen som har kunskap om bland annat utrymningsdörrar, släckutrustning och återsamlingsplats. Detta leder i sin tur till att utrymningen kommer bli mer effektiv och personerna i lokalen kommer utrymma på en kortare tid (Frantzich, 2001). Genom att fördela ansvarsområden till personal och gäster, så som att dra isär draperier vid scenariot i mässhallen och öppna utrymningsdörrar, kan utrymningssituationen förbättras ytterligare. Att en genomgång av utrymningssituationen faktiskt förbättrar utrymningstiderna stärks genom simuleringar i Simulex, se bilaga A. Där visas att förflyttningstiden i simuleringen där personer är väl medvetna om utrymningsdörrarna är kortare än fallet där personer i första hand rör sig till huvudingången.

12.2 Kongresshall

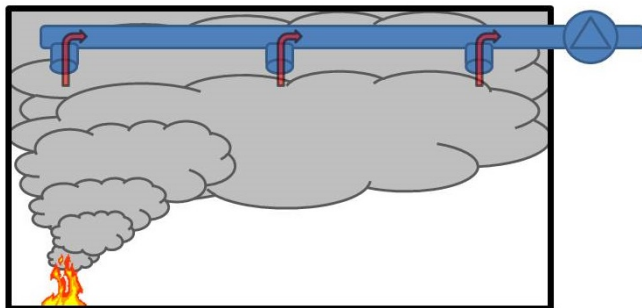
Erfordrade åtgärdsförslag för kongresshallen.

12.2.1 Genomgång av utrymningssituationen

För att förbättra utrymningssituationen i kongresshallen måste publiken bli medvetna om var utrymningsdörrar, släckutrustning och återsamlingsplats finns. Därför bör en genomgång genomföras med information om utrymningssituationen innan varje evenemang, föreläsning eller föreställning. I kongresshallen är tid till kritiska förhållanden kortast på läktaren. Därför är det viktigt att framförallt personerna på läktaren är medvetna om att det finns utrymningsvägar direkt ut från läktaren och inte bara på undervåningen. Att en genomgång av utrymningssituationen faktiskt förbättrar utrymningstiderna stärks genom simuleringar i Simulex, se bilaga A.

12.2.2 Brandgasfläktar

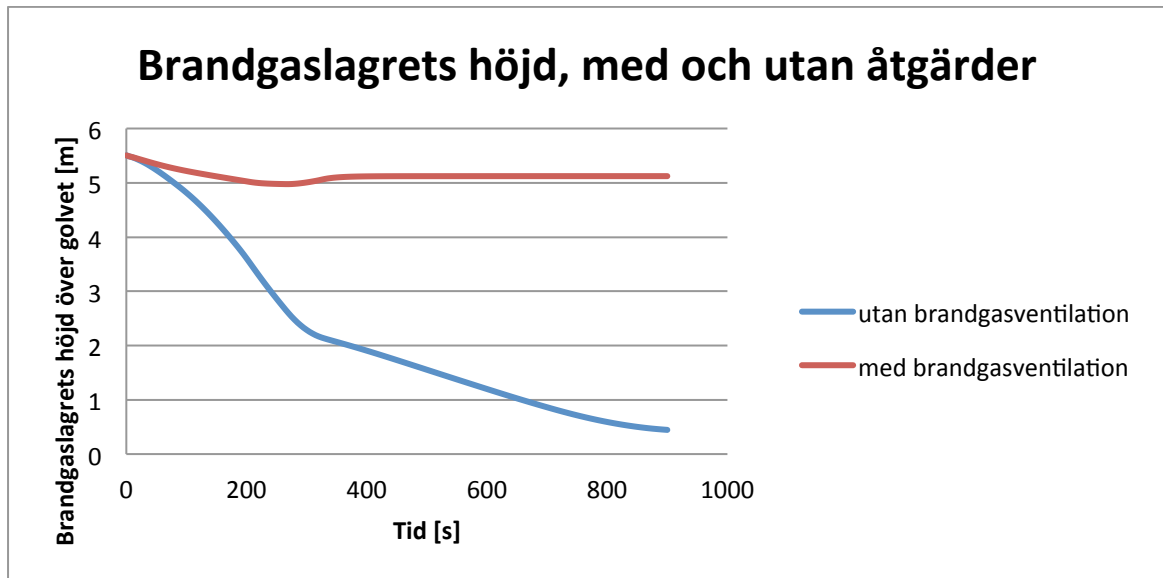
Genom att installera brandgasfläktar i kongresshallen kan tidsmarginalen för åhörarna på läktaren förbättras avsevärt. Ett sådant system skulle eventuellt kunna installeras i de befintliga ventilationskanalerna, men då ritningar över det nuvarande systemet inte varit tillgängliga har ingen vidare utredning av saken kunnat genomföras. Alternativt kan separata ventilationskanaler, endast avsedda för brandgasventilering, installeras.



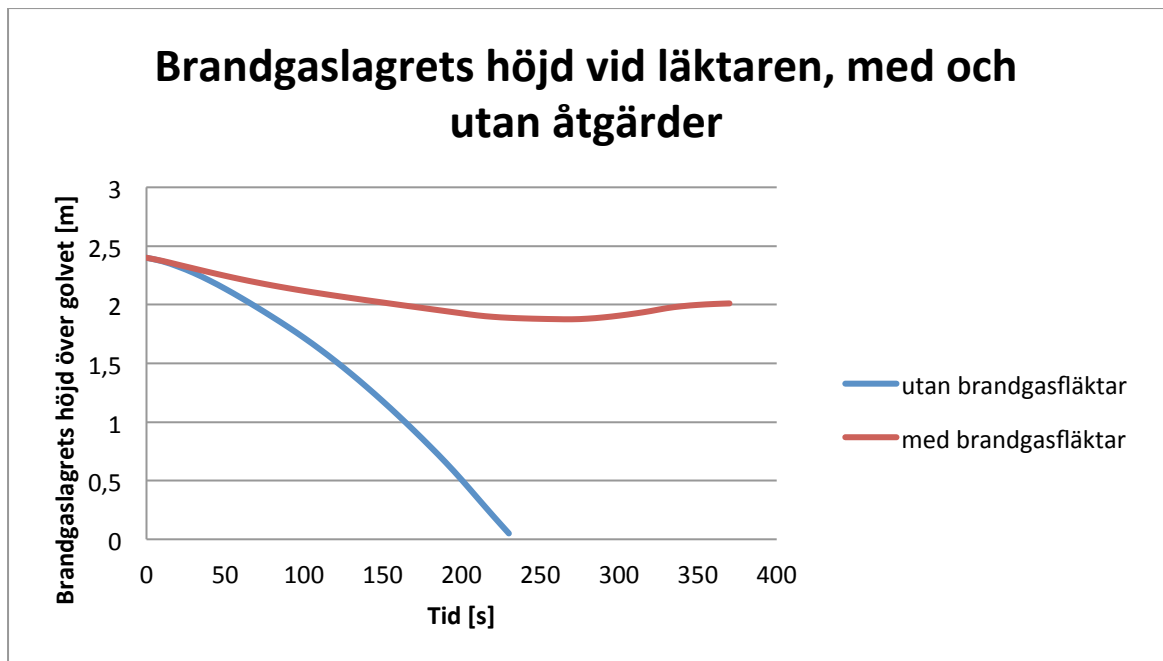
Figur 12.1. Brandgasfläkt med ventilationstrumma.

Genom att simulera brandförloppet i CFAST, och iterativt ändra fläktens kapacitet till dess att acceptabla förhållanden uppstår, har erforderliga flöden för brandgasventilationen tagits fram. För branden i det specifika scenariot visar det sig att ett utflöde av 20 m³ luft per sekund krävs för att nå acceptabla utrymningsförhållanden. Det bör dock redan här belysas att resultaten från CFAST ska åberopas med stor försiktighet och att ytterligare utredningar krävs för att verifiera dessa. Ett exempel på en sådan fläkt visas i bilaga I.

I figur 12.2 och 12.3 nedan ses jämförelser av brandgaslagrets höjd som funktion av tid, med och utan brandgasventilation.



Figur 12.2. Brandgaslagrets höjd, med och utan åtgärder.



Figur 12.3. Brandgaslagrets höjd vid läktaren, med och utan åtgärder.

Ovan ses att kritiska förhållanden inte uppstår på läktaren eller golvnivå med åtgärden brandgasfläkt. Därmed skulle skydds målet uppfyllas i kongresshallen.

13. Avfärdade åtgärdsförslag

En mängd åtgärdsförslag kan vidtas i mässhallen och kongresshallen. De mindre lämpade och därmed avfärdade åtgärdsförslagen redovisas i detta avsnitt.

13.1 Mässhall

I detta stycke redovisas avfärdade åtgärdsförslag för mässhallen.

13.1.1 Brandgasfläktar

Genom att installera brandgasfläktar i mässhallen kan brandgaser ventileras ut. Detta kan antingen göras genom att installera en brandgasfläkt i det befintliga ventilationssystemet alternativt installera en ny ventilationskanal. Eftersom information om ventilationssystemet saknas är alternativet att installera brandgasfläktar och fläkttrummor i mässhallen. Eftersom den beräknade tidsmarginal i kapitel 12.1.2 för mässhall utan draperier ger att alla personer klarar sig ut ur lokalen innan kritiska förhållanden uppstår anses installation av brandgasfläktar överflödig. Därför avfärdas brandgasfläktar i mässhall trots att det kan förbättra utrymningssituationen ytterligare.

13.2 Kongresshall

I detta stycke redovisas avfärdade åtgärdsförslag för kongresshallen.

13.2.1 Brandgasskärm i taket

För att fördröja tid till kritiska förhållanden för personer på läktaren kan en brandgasskärm monteras i taket tvärs över kongresshallen. Brandgasskärmen hade delvis hindrat rök från att nå läktaren och då ger mer tid för en säker utrymning. En skärm fungerar troligtvis bra i ett mycket tidigt skede och om branden startar på scenens ände av lokalen. Problematiken är om branden istället startar i andra änden av lokalen. I detta fall kommer brandgaserna att stängas in bakom brandgasskärmarna vid läktaren och kritiska förhållanden för personer på läktaren kommer uppstå tidigare. Brandgasskärmarna kommer även utgöra ett hinder och störmoment då de skymmer sikten för personer på läktaren ner mot scenen vid föreläsningar, något som är negativt för den vardagliga användningen av kongresshallen. Med grund i ovanstående argument anses brandgasskärmar vara en mindre bra åtgärd och rekommenderas därför inte.

13.2.2 Genomlysta skyltar

I kongresshallen finns för tillfället belysta utrymningsskyltar. I de allmänna råden, SS-EN 1838 sägs att luminansen skall vara minst 2 candela per kvadratmeter (cd/m^2) från den sämst emitterande gröna ytan på en utrymningsskylt (Cederberg & Nerhagen, 2007). Då de allmänna råden och standarder inte är juridiskt bindande är det upp till projektören eller beställaren att bestämma hur mycket en skylt ska lysa. Den forskning som har gjorts på området utrymningsskyltar har resulterat i ett flertal resultat. Bland annat att utrymningsskyltar som är belysta eller genomlysta och har en högre luminans är lättare att uppfatta. Då luminansen från utrymningsskyltarna i kongresshallen inte mättes vid objektbesöket saknas underlag för att ställa krav på att förbättra dessa.

14. Kompletterande åtgärdsförslag

I detta avsnitt redovisas åtgärdsförslag som förbättrar utrymningsituationen men på grund av resursbrist inte har analyserats noggrannare och därför inte kan rekommenderas eller avfärdas.

14.1 Draperier

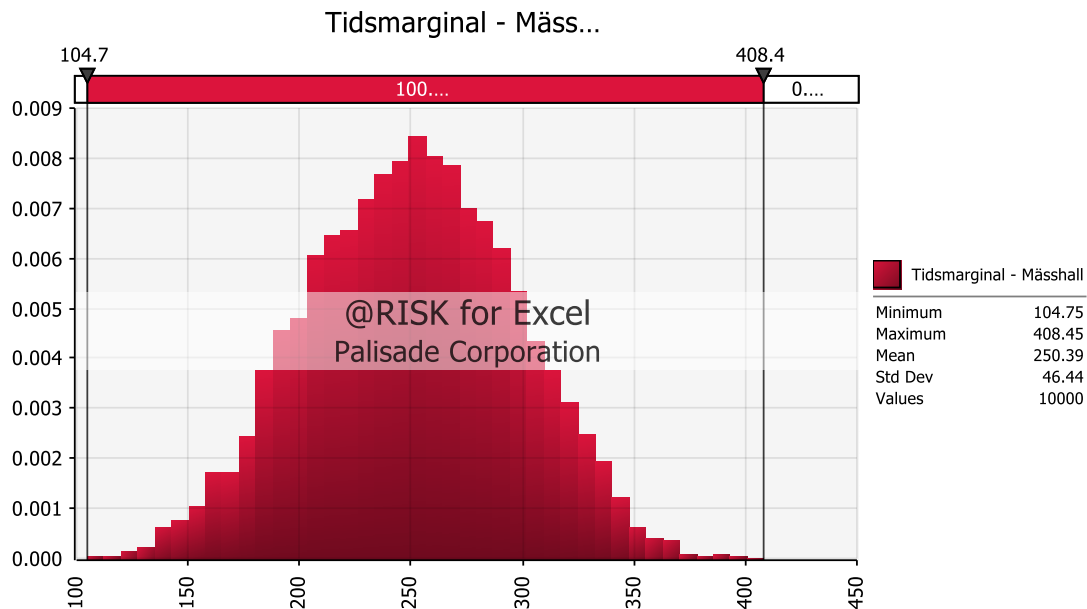
Skyllning av utrymningsvägar genom draperierna är ett alternativ som gör att personer uppmärksammas på fler möjligheter att utrymma än bara genom huvudingången. Då personers grupp beteende påverkar en utrymning enligt kapitel 7.3.1 kommer troligtvis fler utrymma genom draperierna i det fallet då en person är medveten om möjligheten.

Att ta bort draperierna helt eller delvis under evenemanget i mässhallen förbättrar utrymningsituationen nämnvärt. Genom att simulera utrymning ur mässhallen med helt borttagna draperier samt öppningar i draperierna verifieras detta åtgärdsförslag. De nya simuleringarna resulterar i nedanstående triangel fördelning enligt tabell 14.1.

Tabell 14.1. Förflyttningstid för personer som utrymmer ur mässhallen, helt eller delvis utan draperier.

Triangel fördelning	Förflyttningstid [s]
Min	110
Topp	135
Max	160

Beräkning av tidsmarginalen med tidigare värden för tid till kritiska förhållanden från kapitel 10 samt bilaga A och kompletterande förflyttningstid från tabell 14.1 ovan resulterar i nedanstående fördelning.



Figur 14.1. Tidsmarginal – Mässhall med åtgärder.

I figur 14.1 ovan kan avläsas att genom ovanstående åtgärd kommer alla personer utrymma i genomsnitt 95 sekunder snabbare än med draperier. Detta innebär att en enkel åtgärd gör att tidsmarginalen blir större och därmed utrymningsituationen bättre. Att fortfarande ha kvar draperierna är dock önskvärt från arrangören. Då skydds målet är uppfyllt utan dessa åtgärder

anses att helt ta bort draperierna onödigt. Ett krav för att behålla draperierna är dock att fullgod utrymningsskyltning utförs samt att tydliga öppningar finns.

14.2 Utrymningslarm

Att installera ett utrymningslarm som är optimerat för lokalerna och dess evenemang gör att varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstiden minskar. Forskning på området har visat att i offentliga, publika lokaler är det inte tillräckligt med utrymningslarm som består av en akustisk signal för att initiera en tillfredställande utrymning (Holmström & Sävmark, 2013). Några orsaker till att akustiska larm inte är tillfredställande är svårigheter att uppfatta det som ett utrymningslarm, förväxlande med till exempel inbrottslarm eller hissfelslarm samt att om personer inte känner igen larmet är det osäkra på om det är riktat till dem. Att istället installera ett talat utrymningsmeddelande har fördelar så som att personer får klar och tydlig information om vad som har hänt och vad de ska göra. Enligt studier är realtidsmeddelanden mest trovärdiga och ger som resultat snabbast utrymning. I mässhallen och kongresshallen finns det i dagsläget ett akustiskt utrymningslarm. För att förbättra utrymningstiden är ett bra kompletterande förslag att installera talat utrymningslarm.

14.3 Brandbelastning

Genom att minska eller ta bort brandbelastningen i lokalerna minskar risken för att det sker en större brand. Att ha till exempel flamskyddade draperier och möbler är också ett alternativ för att minska risken för en större brand. Att helt ta bort brandbelastningen från en lokal är omöjligt men en reducering eller omplacering är ett alternativ. Genom att under evenemang så som melodifestivalen i mässhallen se till att mycket brännbart och lättantändligt material inte förvaras tillsammans minskar risken för en större brand. En annan riskreducering är att inte förvara material så som överblivna bänkar/stolar, scendelar och stora mängder kläder i form av garderob bakom scen eller i lokalen. Genom att den eller de ansvariga brandvakterna hela tiden har uppsikt så att inga större mängder brännbart material ansamlas i lokalerna hålls brandbelastningen nere.

14.4 Inkopplade rök- och värmedetektorer

Genom att inte stänga av rök- och värmedetektorerna under evenemang i mässhallen kan varseblivningstiden kortas ner och osäkerheterna bli mindre i och med ett smalare intervall. Detta gör dock att evenemang som kräver teaterrök på scen inte går att genomföra. Att stänga av rökdetektorerna och bara ha värmedetektorer under evenemang med teaterrök rekommenderas dock inte på grund av att en värmedetektor har en längre aktiveringstid, speciellt i en stor lokal med högt i tak så som mässhallen då brandgaserna hinner kylas av innan de når taket. På grund av att varseblivningstiden kan bli lång utan rökdetektorer är rekommendationen att inte ha teaterrök i lokalen och att rökdetektorerna inte är avstängda eller fränkopplade.

15. Diskussion

I följande avsnitt diskuteras felkällor, osäkerheter samt antaganden i rapporten.

15.1 Avgränsningar

Osäkerheter finns vad gäller antaganden om hur byggnaden är utformad i analysen i relation till verkligheten. Under besöket gjordes visuella observationer och mätningar men en stor mängd data togs även från ritningar och bilder. Ett exempel är brandscenariot i mässhallen där evenemangets utformning i form av sittplatser, draperier och annan inredning inte observerades visuellt. Istället granskades ritningar på utformningen samt bilder och filmer från evenemanget för att få en bild av hur utrymningssituationen såg ut. Osäkerheterna ligger här i huruvida utformning faktiskt var som på ritningen eller om ändringar innan och under evenemanget gjordes. Ändringar skulle kunna vara omplacering av draperier, sittplatser och fler eller färre utrymningsdörrar.

I början av analysen görs ett antal avgränsningar för att fokusera resurserna på en djupare analys av utvalda delar och områden av objektet. De flesta avgränsningarna behandlar vad analysen fokuserar på så som utrymningssynpunkt och ingen analys av bärförmåga samt inga ekonomiska aspekter. Huruvida korrekta avgränsningar gjordes när det gäller val av lokaler kan diskuteras vidare. Att bara undersöka Scandics lokaler i anläggningen medför både positiva och negativa aspekter. En negativ begränsning är att utrymmen så som atriets konferenscenter inte analyserades, trots att en brand där skulle kunna innebära stora problem ur utrymningssynpunkt. Det positiva med avgränsningen ligger i att en mer ingående analys kunde göras av andra utrymmen.

15.2 Grovanalys

Som tidigare nämnts är det uppenbart att det inte går att analysera alla möjliga brandscenarier. Dock finns det en osäkerhet i det kvalitativa tillvägagångssättet som använts vid identifiering av potentiella brandscenarier. Brist på insikt kring hur de olika evenemangen är utformade gör det svårt att få en översiktsbild över till exempel brandbelastning samt persontäthet i vissa delar av Scandic Infra City. Det finns en risk att det egentliga värsta troliga brandscenariot inte uppmärksammades i grovanalysen. Kvalitativa resonemang är inget som helt uteslutande kan undvikas i en grovanalys, men ett större ingående underlag är att föredra för att minska osäkerheter. Det får tilläggas att det fortfarande finns en kvalitativ aspekt i tolkningen av ingående underlag. Till exempel är inte all tillgänglig statistik angående samlingslokaler applicerbar för Scandic Infra Citys lokaler. Av vikt är att de valda brandscenarierna är dimensionerande för alla Scandic Infra Citys lokaler. På grund av byggnadens komplexitet är det dock svårt att täcka in alla lokaler med några få dimensionerande scenarier. I denna rapport har scenariot i mässhallen valts ut på grund av den höga persontätheten och de problem som kan uppstå vid utrymning. Scenariot i kongresshallen valdes då kritiska förhållanden antogs uppstå efter en mycket kort tid på läktaren. Att även analysera ett brandscenario i till exempel ett utav de två atrierna hade kompletterat rapporten ytterligare.

Något som inte analyserades vidare i rapporten var i vilken utsträckning de olika brandscenarierna kunde påverka andra utrymmen i byggnaden. Till exempel kommer brandgaser från kongresshallen färdas vidare in i konferensdelens atrium. Att göra en tillfredställande analys på hela komplex ansågs dock vara för tidskrävande.

15.3 Representativa scenarion

En fråga som ställdes flera gånger under arbetet var om de valda brandscenarierna var representativa. Är det troligt att sprinklersystemet är det som först begränsar brandens effektutveckling? Under ett större evenemang som Upplands Väsby Melodifestival kommer det placeras ut handbrandsläckare, dessutom kommer det finnas brandvakter i lokalen. Därför

går det att ifrågasätta varför brandscenariot inte tar hänsyn till tidigare släckning. Det är dock konservativt att anta att sprinkleraktivering är det enda som kommer att begränsa och dämpa brandens effekt. Det är också svårt att bedöma brandvakternas varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid. Genom att i FDS simulera scenarier med olika effektutvecklingskurvor skulle en fördelning kunna tas fram. Detta skulle dock vara extremt tidsomfattande och kan därför inte göras i denna kurs. Något som också diskuterades under arbetets gång var om en eventuell brandspridning skulle beaktas. Ett kritiskt moment skulle vara om tygdraperierna skulle börja brinna, dock ansågs detta för komplicerat att simulera. Information om huruvida draperierna var flamsäkra eller inte kunde inte tas fram. Detta hade bidragit med ytterligare osäkerheter vid en simulering med brinnande tygdraperier.

En aspekt av brandgasspridning som inte diskuterats i rapporten är sprinklersystemets påverkan på brandgaslagret. Eftersom brandgaslagret i båda scenariona har en låg temperatur och sprinklersystemet aktiveras kommer brandgaserna att påverkas. Exakt hur mycket sprinklersystemet rör om brandgaserna är mycket svårt att uppskatta men att det sker i viss omfattning är säkert.

15.4 Utrymning

En mängd antaganden görs i denna analys när det gäller beräkningar på utrymningstid. Ett flertal värden för varseblivningstid samt besluts- och reaktionstid finns tabellerade för olika lokaler och verksamhetsklasser. Hur bra dessa värden stämmer överens med Scandic Infra Citys lokaler kan dock diskuteras. I fallet för kongresshallen jämförs utrymningstid och tid till kritiska förhållanden på läktaren samt golvnivå. Efter simuleringar i FDS är det tydligt att personer på läktaren påbörjar sin förflyttning samtidigt som kritiska förhållanden uppstår. Att personerna på läktaren skulle vänta till att brandgaslagret blir 60 centimeter tjockt och när en höjd av 2 meter över läktarens golv är inte troligt varför utrymningen i denna analys anses påbörjas tidigare. I antaganden som dessa finns osäkerheter som bör beaktas.

Vid användning av utrymningssimuleringsprogrammet Simulex krävs mycket förkunskap vad gäller utrymning för att få ett korrekt resultat vid en simulering. Som beskrivet i bilaga G finns en del för- och nackdelar med Simulex och den partikelmodell programmet bygger på. En nackdel är att personerna har svårt att röra sig runt hörn och genom trängre passager på ett korrekt sätt. Denna begränsning gör att köbildningar ofta uppstår i en större omfattning än vad som egentligen är troligt. Personerna har alltså en mycket begränsad möjlighet att se alternativa vägar runt hörn och passager. I simuleringarna gjordes optimeringar av CAD-ritningarna så som att förkorta utskjutande väggar och göra cirklar runt hörn vilket gjorde utrymningen mer verklighetstrogen. Att förenkla ritningarna för att anpassa dessa till programmet innebär en hel del osäkerheter. Osäkerheterna består framförallt i omfattningen av förenklarna vilka är mycket svåra att uppskatta. En annan nackdel som presenteras i bilaga G är att konflikter lätt kan uppstå mellan utrymmande personer. Då personer placeras ut i lokalen kan de ibland fastna i varandra vilket gör att de inte kan röra sig och därmed inte utrymmer. Konflikter kan även uppstå då personer är förinställda att gå åt motsatta håll och då fastnar i varandra.

Förinställning av personernas egenskaper och vägval påverkar utrymningsförloppet markant. Att veta exakt hur många som är barn, rörelseförhindrade, gamla, kvinnor och män i lokalen är svårt att veta. I förinställningen av egenskaperna, som påverkar bland annat storlek och gånghastighet, medför stora osäkerheter eftersom grova uppskattningar måste göras. Då även vägvalen förinställs i denna analys görs uppskattningar hur stor del av personerna som rör sig till respektive utgång. Denna förinställning anses dock nödvändig då personerna utan förinställning rör sig till närmaste nödutgång vilket bidrar till än mer icke trovärdiga utrymningsscenarion.

De utrymningsscenarier som valdes för simuleringarna ansågs vara de värst troliga. I både mäss- och kongresshallen skulle betydligt värre scenarier kunna väljas men det antogs inte relevant. Att i kongresshallen simulera ett utrymningsscenario med bara en utrymningsdörr hade gett det värsta scenariot. Ett sådant scenario hade dock inte kunnat motiveras då sannolikheten att alla utrymningsdörrar förutom en hade fungerat är mycket liten, nästintill obefintlig. Ett annat argument för att inte välja ett scenario med allt för få utrymningsdörrar är att oavsett om två eller fyra utrymningsdörrar används på golvnivå kommer personer här inte utsättas för kritiska förhållanden. Utrymningsituationen ner från läktaren påverkas inte av antal utrymningsdörrar på golvnivå, vilket är ytterligare ett argument för att inte välja ett alltför allvarligt och osannolikt utrymningsscenario i kongresshallen. I mässhallen förs liknande resonemang som ovan. Här finns dock större osäkerheter i evenemangets faktiska utseende, vilket gjort att konservativa antaganden har gjorts. Ett sådant antagande är att personer helt eller delvis inte kan utrymma genom de draperier som är upphängda, någonting vissa personer eventuellt egentligen skulle ta sig för.

En utrymningsaspekt som inte räknas in i Simulex är då stressade eller panikartade situationer uppstår i samband med till exempel en mycket snabb rökutveckling. En sådan situation skulle kunna äga rum på läktaren i kongresshallen där kritiska förhållanden uppstår efter en relativt kort tid.

15.5 CFAST och FDS

CFAST, liksom alla andra simuleringsprogram ställer krav på att användaren känner till dess användningsområden och begränsningar väl. Fel värden på ingående parametrar kan resultera i kraftiga fel och avvikelser i resultatet. "If you put shit in, you get shit out". Därför är det viktigt att göra noggranna förundersökningar av lokalens utförande, ingående material, brandbelastning, ventilation etcetera. Detta görs för att på så vis få ett så sanningsenligt resultat som möjligt. Eftersom ingen information om kongresshallens ventilationssystem funnits att tillgå har antagandet gjorts att brandgasspjäll aktiveras och därmed stryper utflödet av luft och brandgaser. Detta är ett antagande som kan ha stor inverkan på tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår i lokalen, men som ändå gjorts i och med att det anses konservativt ur utrymningssynpunkt eftersom det i simuleringen medför att lokalen rökfylls snabbare. Avgörande för temperatur- och rökutvecklingen är också tillgången på brännbart material, syretillförsel, vilket material som faktiskt brinner, om sprinkler aktiverar etcetera. Viktigt att komma ihåg är också att CFAST bygger på en tvåzonsmodell, vilket medför att lokala effekter så som turbulens inte tas någon hänsyn till. Programmet förutsätter vidare att mycket liten eller ingen omblandning sker mellan brandgaslagret och övrig luft, vilket resulterar i en tydlig skiktgräns i simuleringen men som inte nödvändigtvis uppstår i ett verkligt scenario om branden har förhållandevis låg effekt relativt lokalens storlek. Avsvalningen av brandgaserna kan då eventuellt leda till att det inte bildas något skikt och därmed skulle tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår, på grund av dålig sikt, kunna förkortas ytterligare. Detta är en av anledningarna till att ingen simulering i CFAST gjorts för mässhallen.

Resultatet av CFAST-simuleringen med åtgärdsförslaget brandgasfläktar innehåller ett par frågetecken. I simuleringen startar fläktarna omedelbart, men i ett verkligt scenario skulle detta ske först när en detektor aktiverar. Den fördröjningen skulle eventuellt kunna medföra att brandgaslagret hinner sjunka lägre och snabbare än beräknat. I simuleringen tas inte heller någon hänsyn till att det kan bildas ett undertryck i lokalen som gör att det kan bli svårare för fläktarna att suga ut alla brandgaser. För att inte det ska ske måste tilluft tas någonstans ifrån. Men att sätta in tilluftsfläktar kan medföra andra problem som omblandning av luft och brandgaser, vilket helt skulle motarbeta syftet med brandgasfläktar. Saken bör därmed utredas vidare för att dimensionera flödena rätt. Ett konstaterande är dock att fläktar krävs för att inte kritiska förhållanden ska uppstå på läktaren.

För att verifiera CFAST-simuleringarna gjordes även motsvarande simuleringar i fluidprogrammet FDS som istället för tvåzonsmodellen bygger på Navier-Stokes ekvationer. Programmet utgör fördelar gentemot CFAST, framförallt eftersom det tillåter större och mer komplexa geometrier. Dock ställer FDS högre krav på användarens kunskaper eftersom fler ingångsparametrar måste definieras. Exempelvis har väggarnas, takets, och andra ytors termiska egenskaper betydelse för brandgasernas avsvälning, och kan därmed vara avgörande för om det blir någon skiktning eller inte. I simuleringarna har tabellerade värden för materialegenskaper använts. För större noggrannhet borde eventuellt en djupare analys av ingående material ha genomförts.

En allvarlig miss som gjorts i FDS simuleringarna är att inget värde angetts för HEAT_OF_COMBUSTION. I och med det blir programmet tvunget att själv beräkna värdet, men det kräver en mycket hög gridupplösning för att resultatet ska vara användbart. Parametern styr hur mycket bränsle som går åt per kW, och är därmed också direkt avgörande för hur mycket brandgaser som produceras. Resultatet av simuleringarna bör därmed användas med stor försiktighet.

Vissa förenklingar av utrymmenas geometri har gjorts, dels för att spara tid och dels för att alltför detaljrika geometrier kan orsaka oönskade effekter i form av turbulens. Eftersom information om lokalernas ventilation saknats utgås det även i FDS-simuleringarna från att brandgasspjäll aktiveras och stryper utflödet av brandgaser och övrig luft. Detta antagande har stort avgörande för brandgaslagrets nivå, framförallt i kongresshallen. För att kunna utföra en mer giltig utvärdering krävs dock bättre underlag. Försök gjordes att få tag i relevant information gällande ventilationssystemet, men dessa visade sig vara lönlösa då fastighetsägaren inte hade något intresse i att ge ut sådan information.

För att simuleringarna i FDS ska bli noggrannast möjliga är det önskvärt att använda så liten cellstorlek som möjligt. Men då mindre celler medför längre simuleringstid fick en avvägning göras om hur små cellerna skulle tillåtas vara för att inte hamna utanför projektets tidsram. För kongresshallen gjordes simuleringarna med 1 dm^3 -celler i hela utrymmet. För att kontrollera nodkonvergens borde egentligen fler simuleringar till ha genomförts med mindre cellstorlekar, men på grund av tidsbrist har detta förbisetts. Istället gjordes jämförelser med simuleringarna i CFAST för att på så vis verifiera resultatet. I mässhallen fick en kompromiss göras. I den första simuleringen gjordes en meshuppdelning med kubiska celler vars sidor var 2,5 dm samt 5 dm. De mesher med större celler sattes så långt ifrån branden som möjligt. En verifiering av den tidigare simuleringen gjordes sedan med finare cellstorlek vars sidor var 1 dm respektive 2 dm. För att definitivt verifiera gridoberoende i mässhallen borde ytterligare en simulering ha genomförts med ännu mindre cellstorlek. En sådan simulering skulle dock tagit väldigt lång tid, varvid det inte hanns med.

För att verifiera åtgärdsförslaget i kongresshallen med brandgasventilation gjordes ett försök att simulera i FDS. Dock uppkom ett felmeddelande om "numerical instability", vilket indikerar på att det antingen skulle bildas ett kraftigt undertryck i lokalen, eller att det någonstans i utrymmet skulle bli för kraftiga flöden. Problemet kan eventuellt bero på för små öppningsareor på brandgasventilationen i förhållande till utflödet, eller att öppningarna för tilluft är för små i förhållande till tilluften. Av tidsbegränsande skäl hinner dock saken inte utredas vidare i denna rapport.

För att vidare kontrollera FDS-simuleringarnas riktighet borde en kontroll av själva brandens temperatur ha gjorts, till exempel genom att placera ett termoelement mitt i branden. Skulle termoelementet då visa orimligt höga eller låga temperaturer, är det en indikator på att något är fel. Detta uppmärksammades dock inte förrän simuleringarna redan var genomförda. I början av brandförloppet är effekten relativt låg, vilket i kombination med att bränsleytorna i simuleringarna är konstanta kan leda till att simuleringsresultaten inte blir helt tillförlitliga.

Effekten över ytan är liten, vilket i sin tur leder till att temperaturen i brandens inledningsfas inte heller är särskilt hög. Liten temperaturskillnad medför i sig att den termiska stigningskraften inte heller blir stor. Det totala massflödet från branden har i och med den använda rampmetoden också en tendens att överskattas, vilket i simuleringen betyder att rökfyllnaden sker snabbare än den skulle göra i verkligheten. För att kompensera för detta kan man istället variera bränsleytan över tiden, vilket kallas för fire-spread. Om detta görs uppstår det dock problem när den varierade bränsleytan kombineras med effektnedgången som sätts in då sprinklersystemet aktiveras. På grund av begränsade kunskaper i FDS ansågs det för komplicerat att applicera fire-spread.

Då brandgaslagret definieras i FDS genom den kraftigt ökande temperaturen i höjddled kan det uppstå problem om det inte finns en markant temperaturskillnad i brandgaserna och omgivande temperatur. Detta problem uppstår i mässhallen då brandgaserna är så pass nerkylda så att den totala temperaturskillnaden mellan brandgaserna och omgivningstemperaturen knappt är tio grader. Frågan är då om brandgaslagerhöjden som FDS räknar fram verkligen är trovärdig. Detta kan dessutom vara kopplat till att branden skulle kunna vara feldimensionerad och att brandgaserna egentligen skulle vara mycket varmare. Det som dock talar emot detta är att lokalen är väldigt stor och att det i simuleringarna sker en stor omblandning av brandgaser och omgivande luft när brandgaserna tar sig under takbjälkarna under spridningen.

Något som diskuterades flitigt under projektets gång var huruvida ytterligare simuleringar skulle genomföras för kongress- och mässhall, med undantaget att sprinklersystemet inte aktiveras. På grund av tidsbrist gjordes enbart simuleringar där sprinklersystemet fungerade. För kongresshallen gjordes visserligen simuleringar i CFAST där branden tilläts växa upp till fyra respektive sex megawatt. Det upptäcktes dock snabbt att kritiska förhållanden på läktaren uppstår i ett tidigt skede och att det därmed inte spelar någon roll om sprinkler aktiveras eller ej eftersom skadekriteriet redan är uppfyllt. Samtliga personer som i simuleringarna befann sig på kongresshallens golvnivå hann däremot utrymma innan kritiska förhållanden uppstod, oberoende av hur hög maxeffekt som definierades för branden. Något som borde ha undersökts vidare men som inte hanns med är huruvida det rekommenderade flödet för brandgasfläkten i åtgärdsförslaget skulle klara av att stå emot en högre effekt på branden. För brandscenariot i mässhallen förutsattes ett fungerande sprinklersystem och det visade sig att det ändå skulle krävas åtgärder för att uppnå skyddsmålen. Därmed behövdes inget ytterligare fall, utan sprinkleraktivering, simuleras för att inse att åtgärdsförslag likväl måste tas fram. Men med en simulering där sprinkler inte aktiveras skulle det dock vara enkelt att påvisa att konsekvenserna av ett sådant scenario blir drastiska. Det är viktigt att påpeka relevansen av ett fungerande sprinklersystem, detta är något som inte nog lyfts fram i rapporten.

Resultaten från CFAST- och FDS-simuleringarna visar på att kritiska förhållanden uppstår på läktaren i kongresshallen efter 90-120 sekunder, något som kan tyckas vara orimligt snabbt. Som beskrivs i bilaga C beror rökfyllnaden främst av brandens tillväxthastighet. Då denna ansatts till $0,047 \text{ kW/s}^2$ enligt Boverkets rekommendationer anses dock antagandet vara korrekt. I FDS-simuleringen sattes olyckligt nog en utav meshgränserna precis i öppningen mellan scenen och övriga salen, något som eventuellt kan ha en negativ påverkan på rökfyllnaden av lokalen. Ytterligare simuleringar borde därmed ha genomförts för att säkerställa att det inte varit en avgörande faktor. Vidare påpekas återigen att simuleringarna endast är till för att ge en ungefärlig uppskattning av ett verkligt scenario. Det kan gott tänkas att vissa antaganden som gjorts har varit väl konservativa. Likväl pekar båda simuleringarna på att det åligger en viss risk för att kritiska förhållanden kan uppkomma oväntat snabbt på läktaren. Det är därmed skäligt att undersöka åtgärder.

15.6 Åtgärdsförslag

I denna analys dras slutsatsen att med de rekommenderade åtgärdsförslagen kommer alla personer kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, det vill säga skydds målet uppfylls. I fallet för mässhallen klarar sig 99,9 % av personerna i lokalen att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, detta innan åtgärder är vidtagna. De 0,1 % av fallen som inte hinner utrymma är resultatet av de mest konservativa värdena i alla fördelningar.

Resonemang om huruvida skydds målet och skadekriteriet är uppfyllt trots att inte 100 % av personerna i lokalen hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår kan föras. Det är dock i många fall inte möjligt att uppnå målet att noll procent utav personerna i lokalen utsätts för kritiska förhållanden. I detta fall hade ett inte lika hårt skadekriterium kunnat vara ett 95 procentigt konfidensintervall eller att maximalt 20 procent av personerna i lokalen får utsättas för kritiska förhållanden. Slutsatsen att skydds målet uppfylls stärks genom att antaganden i rapporten är konservativa vilket gör att resultatet bör vara korrekta

Vad gäller åtgärdsförslaget att byta ut skjutdörren i mässhallen till en dörr med panikregel är, som beskrivet i observerade brister, på grund av att den inte är godkänd som en utrymningsdörr. Trots detta är den skyltad som en utrymningsdörr och används i många fall som huvudingång för stora evenemang. I ett troligt scenario, då skjutdörren stängs under evenemang, kommer stor förvirring och eventuell panik uppstå om inte dörren går att öppna. Tiden för personer att besluta sig om att utrymma samt förflytta sig till alternativa utgångar kommer förlänga den totala utrymningstiden avsevärt och en stor del av personerna kommer utsättas för kritiska förhållanden. Härmed läggs ytterligare vikt vid att byta ut skjutdörren i mässhallen.

Ett flertal åtgärdsförslag är något mjukare vilka behandlar rutiner och daglig samt periodiserad tillsyn av brandskyddet och utrymningssituationen. Åtgärder som dessa bygger på helt logiska men viktiga faktum, om de inte genomförs så fallerar brandskyddet helt. Exempel är korrekt utrymningsskyltning, fria utrymningsvägar, genomgång av utrymningssituationen för personal och gäster med mera. Då det är den mänskliga faktorn som spelar in huruvida dessa åtgärdsförslag vidtas och faktiskt utförs finns en osäkerhet i dessa åtgärder. Härmed läggs ytterligare vikt vid att rutiner och ansvarsfördelning sker på ett korrekt och strukturerat sätt.

15.7 Kostnadseffektivisering

I denna analys behandlas inte de ekonomiska aspekterna när det gäller rök- och brandskador samt åtgärdsförslag. En diskussion runt detta anses dock nödvändig då vissa åtgärdsförslag inte enbart förbättrar utrymningssituationen utan också kan minska sanerings- och reparationskostnader för skador på byggnaden.

Åtgärdsförslaget med brandgasventilation i kongresshallen är ett exempel där, genom att få ut brandgaser i ett tidigt skede, det går att minimera brand- och rökskadorna på byggnaden. Genom att driva ut varma brandgaser blir återstrålningen från brandgaslagret mindre och därmed brandskadorna mindre eftersom räddningstjänsten har större möjlighet att slå ner branden i ett tidigare skede. En något mer långsökt slutsats är att genom införandet av de rekommenderade åtgärdsförslagen och därmed minska den totala utrymningstiden behöver räddningstjänsten vid sin ankomst inte arbeta med att utrymma människor ur lokalerna. Här kan räddningstjänsten istället fokusera på att släcka branden och få ut brandgaserna, även detta någonting som minskar brand- och rökskadorna. Ur en ekonomisk synvinkel innebär de flesta rekommenderade åtgärdsförslagen så som genomgång av utrymningssituationen, inte stänga av rök- och värmedetektorerna samt andra ansvarsområden, ingen eller en mycket liten kostnad.

16. Slutsats

Rapportens slutsats är att skyddsmålet inte uppfylls för brandscenariet i kongresshallen. En rad rekommenderade åtgärdsförslag som **ska** utföras för att uppnå skyddsmålet samt kompletterande åtgärder som **bör** utföras för att ytterligare förbättra utrymningsituationen redovisas nedan.

Erfordrade åtgärder som skall utföras

- Se över utrymningsskyltningen inför varje evenemang.
- Se över utrymningsvägarna inför varje evenemang så att ingen är blockerad eller begränsad.
- Byt ut skjutdörren i mässhallen mot en dörr med panikregel.
- Ha genomgång av utrymningsituationen innan varje evenemang.
- Utred vidare om brandgasventilation i kongresshallen.

Kompletterande åtgärder som bör utföras

- För event i mässhallen så som melodifestivalen ska utrymningsvägar tydligt skyltas genom draperierna. Draperierna bör även ha tydliga öppningar så utrymning lätt kan ske därigenom.
- Byt ut de lösa extrastolarna i kongresshallen mot fastmonterade stolar.
- Sänk ner sprinklerhuvudena i konferensrummen under gallret, alternativt ta bort gallret helt.
- Ha alltid rök- och värmedetektorerna i lokalerna inkopplade.
- Minimera brandbelastningen under evenemang.
- Installera utrymningslarm med talat meddelande för de större samlingslokalerna.
- Sätt upp en belysnings slinga eller liknande på kanten i trapporna ner från läktaren i kongresshallen för att göra gäster extra uppmärksamma på den låga takhöjden.

17. Referenser

- Almgren et al (2012). *Brandskyddshandboken, En handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Boverket I. (2006). *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket II. (2011). *BFS 2011:27 – BBRAD 1*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket III. (2012). *BFS 2012:12 – BBRAD 2*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket IV. (2011). *BFS 2011:26 – BBR19*. Karlskrona: Boverket.
- Cederberg, M. & Nerhagen, E. (2007). *Bestämning av lägsta luminans för utrymningsskyltar*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
[Elektronisk] Tillgänglig:
<<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1317703&fileOid=1317704>> (2013-04-15)
- Dittmer, T. & Jämtäng, U. (2006). *Känslighetsanalys av FDS och dess undermodeller i ett tunnelscenario*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics, third edition*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Eriksson, O. (2008). *Datorsimulering vid utrymning. (Föreläsnings powerpoint)*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.
- Holmstedt, G. & Nilsson, D. (2007). *Kompendium i Aktiva system – detektion*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Holmström, J. & Sävmark, E. (2013). *Talat utrymningsmeddelande – optimerad utformning utifrån fullskaleförsök*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Johansson, N. (2010). *Föreläsning 2-zonsmodeller*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Karlsson, B. & Quintiere, J. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. London: CEC Press.
- MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). (2013). *IDA - Informationssystem för statistik och analys*. [Elektroniskt] Tillgänglig: <<http://ida.msb.se>> (2013-04-13).
- McGrattan, K., McDermot, R., Hostikka, S. & Floyd, J. (2010). *Fire Dynamics Simulator - version 5 - User's guide*. Washington: NIST - National Institute of Technology and Standards, U.S Government Printing Office.
- Möller, M. & Nygren, G. (2004). *Funktionshinderades riskbild i publika lokaler – med avseende på utrymning*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds

- Universitet. [Elektronisk] Tillgänglig:
<<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1473438&fileOid=1473585>> (2013-04-15)
- Nilsson, D. (2013). *Datorsimulering av utrymning vid brand – inventering av tre angreppssätt*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Nilsson, D. & Holmstedt, G. (2008). *Kompendium i Aktiva system – Detektion*. Lund: Lunds Universitet.
- Ohlemiller, T.J. & Shields, J.R. (2008). *Aspects of the Fire Behavior of Thermoplastic Materials*. Gaithersburg: NIST (National Institute of Standards and Technology).
- Overholt, K. (2013). *FDS Mesh Size Calculator*. [Elektronisk] Tillgänglig:
<http://code.google.com/p/fds-tools/source/browse/trunk/web_tools/fds_mesh/index.cgi>
(2013-02-20)
- Palisade Corporation (2008). *Guide to Using @RISK, Risk Analysis and Simulation, Att-In for Microsoft Excel*. New York: Palisade Corporation.

Bilaga A

I denna bilaga redovisas utrymningsberäkningarna för brandscenario i mässhallen och kongresshallen.

A.1 Utrymningstid - Mässhall

Då brandscenariot i mässhallen under melodifestivalen är ett scenario som bara äger rum en gång per år samt har en relativt stor andel personer som har olika funktionsnedsättningar, vilket kan innebära att de har svårt att uppfatta branden, utrymningslarmet, samt röra sig ut ur lokalen blir standardmodeller och typvärden osäkra. Då data inte finns på exakt hur stora andelar av gästerna som har de olika funktionsnedsättningarna måste här grova uppskattningar göras.

En av grundförutsättningarna i svensk bygglagstiftning är att en byggnad ska kunna utrymmas av alla människor som befinner sig i byggnaden. Under melodifestivalen har varje person med någon funktionsnedsättning en ledsagare vilket är en del i organisatorisk hjälp. Ledsagaren antas vid en utrymning ta hand om och leda ut den person som han eller hon har fått ansvar för. På grund av ledsagarna anses utrymningssituationen vara liknande som en situation där inga personer har funktionsnedsättningar. Detta antagande görs eftersom ledsagaren har bättre koll på läget och tar mer ansvar än vad en vanlig person gör, vilket väger upp en annan, eventuellt långsammare utrymning.

A.1.1 Varseblivningstid

Då rökdetektorerna är avstängda under evenemanget är det brandvakternas uppgift att sätta igång brandlarmet vid en brand. Detta kräver att brandvakterna eller någon av de andra personerna i lokalen ser branden och varnar personerna i lokalen antingen genom högtalaranläggningen på scen eller genom att trycka på en brandknapp.

Då branden startar bredvid scen kommer gästerna i publiken troligtvis inte att upptäcka branden direkt eftersom det finns många storkällor så som aktiviteter på scen med rökmaskin, strålkastare med mera. Att lokalen har högt i tak gör även detta att röken kan komma att lägga sig under taket och då inte upptäckas. Det kommer med andra ord ta tid innan alla personer i lokalen varseblir branden. I detta scenario är varseblivningstiden både tiden till att en brandvakt eller annan person varseblir branden samt tiden det tar för personen att sätta igång utrymningslarmet eller på annat sätt varna gäster och personal. Varseblivningstiden i detta scenario uppskattats här kvalitativt med grund i ovanstående argument samt Tid för utrymning vid brand (Frantzich, 2006) och Utrymningsdimensionering (Boverket I, 2006). Även jämförelse med simuleringar i FDS görs för att bestämma varseblivningstiden. I FDS-simuleringarna är det tydligt att det sker en snabb rökutveckling vilket innebär en allt för lång varseblivningstid anses orimlig. Intervallet för varseblivningstiden redovisas med triangelfördelning i tabell A1 nedan.

Tabell A1. Varseblivningstid, mässhallen.

Triangelfördelning	Varseblivningstid [s]
Min	30
Topp	75
Max	120

A.1.2 Besluts- och reaktionstid

Personernas beslut- och reaktionstid samt förflyttningstid beror bland annat på om de är gäster eller personal. Anledningen är att personalen har en bättre kännedom om byggnaden och det tar kortare tid för dem att inse när något inte är som vanligt. Detta gör att de kommer

påbörja utrymningen tidigare än gästerna. Eftersom gästernas utrymningssituation i publiken är det mest kritiska i lokalen samt att en mycket stor majoritet i lokalen är gäster räknas dock samtliga personer i lokalen som gäster. I detta brandscenario jämförs lokalen med en biograf med en förberedelse- och reaktionstid med intervallet 30 till 90 sekunder (Boverket I, 2006). Efter jämförelse med simuleringar i FDS ändras besluts- och reaktionstiden till intervallet enligt triangel fördelning i tabell A2 nedan. Anledningen är att resultaten i FDS visar på en snabb rökutvecklingen i lokalen vilket gör att personer anses påbörja en utrymning snabbare än intervallet 30 till 90 sekunder.

Tabell A2. Besluts- och reaktionstid, mässhallen.

Triangel fördelning	Besluts- och reaktionstid [s]
Min	20
Topp	40
Max	60

A.1.3 Förflyttningstid

Beräkning av förflyttningstid gjordes i datorsimuleringsprogrammet Simulex. Lokalen ritades upp i AUTOCAD från grunden varefter ritningarna applicerades i Simulex. Metoden för att ta fram de troligaste simuleringarna gjordes genom att läsa sig till om människors beteende samt att förbättra och korrigera ritningarna ett antal gånger. Genom att bland annat göra taktiska avgränsningar och runda av hörn på ritningarna anpassades programmet till verkligheten. Den dörr som används som huvudingång för evenemanget förutsätts vara öppen under all den tid personer befinner sig i lokalen. Detta måste poängteras eftersom skjutdörren inte är godkänd som en utrymningsväg men ändå är skyltad som detta. Information och indata för simuleringarna togs fram genom mejlkontakt med ansvariga för Upplands Väsby melodifestival¹ och egna antaganden vilka redovisas i tabell A3 nedan.

Tabell A3. Indata Simulex, mässhallen.

Population i lokalen	Antal [personer]
Rullstolsburna/nedsatt rörelseförmåga	50
Andra funktionsnedsättningar	250
Ledsagare	250
Personal	50
Övriga	700
Totalt	1300

Genom att simulera två olika utrymningsscenarier i Simulex tas personers olika, eventuella beteenden fram för att på så sätt kunna uppskatta de bästa samt värsta troliga scenariona samt att få information om känsligheten i de olika utrymningsscenarierna.

Scenario 1

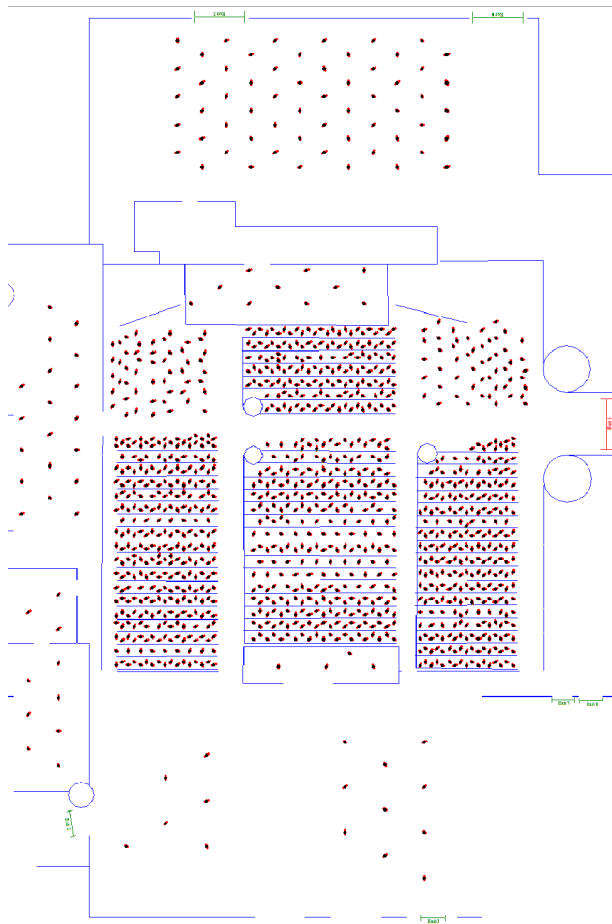
Enligt arrangörerna för Upplands Väsby melodifestival i mässhallen upplystes samtliga gäster i lokalen om utrymningssituationen i lokalen. Därför simuleras först ett scenario där gästerna är väl medvetna om utrymningsvägarna. Detta gjordes genom att ställa in personerna i utrymningssimuleringen så att de valde en närbelägen nödutgång.

Scenario 2

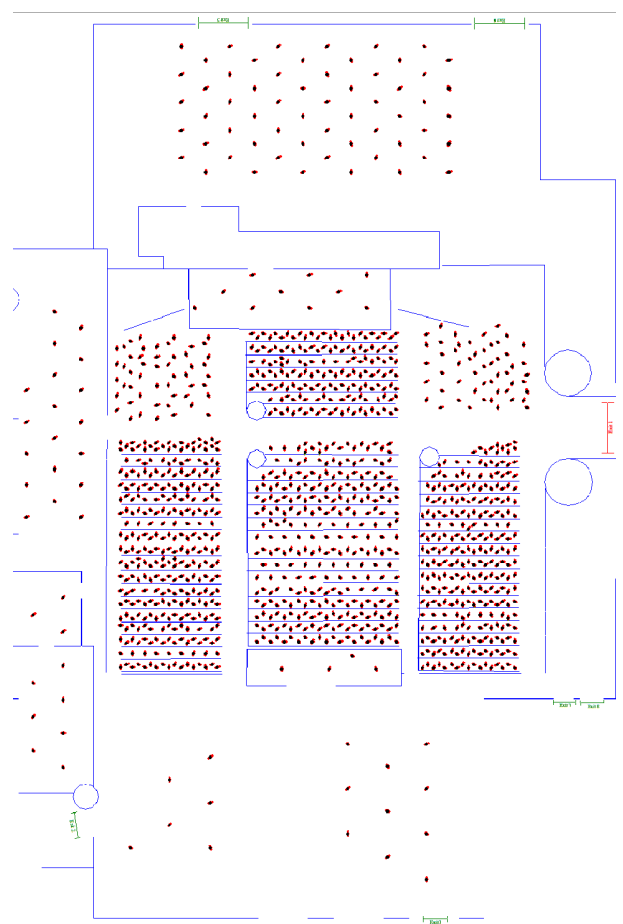
¹ Patrik Olin, Project Manager för Olin Event Sweden

I flertalet utrymningsförsök har det framkommit att personer utrymmer samma väg som de kommer in i lokalen (Frantzich, 2001). Därför simuleras ett scenario där större delen av gästerna i lokalen utrymmer genom huvudingången.

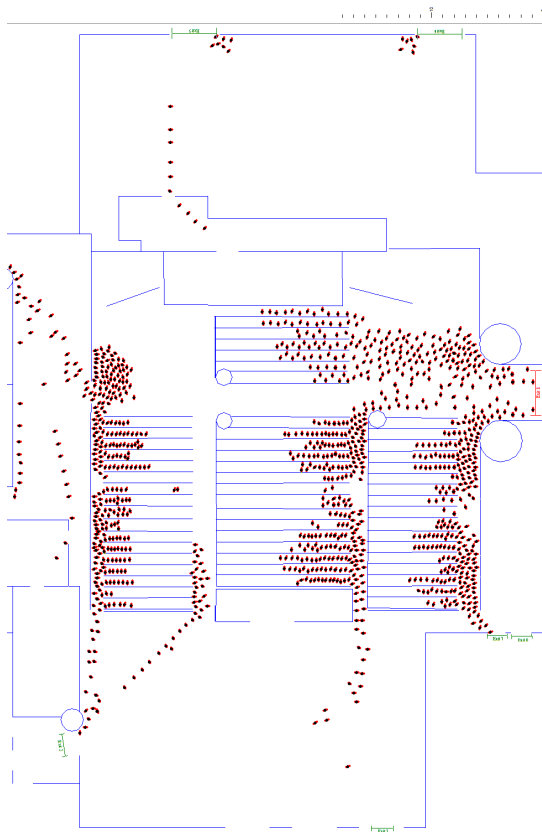
De två scenariernas utrymningssimuleringar redovisas och jämförs i figur A1 till A8 nedan.



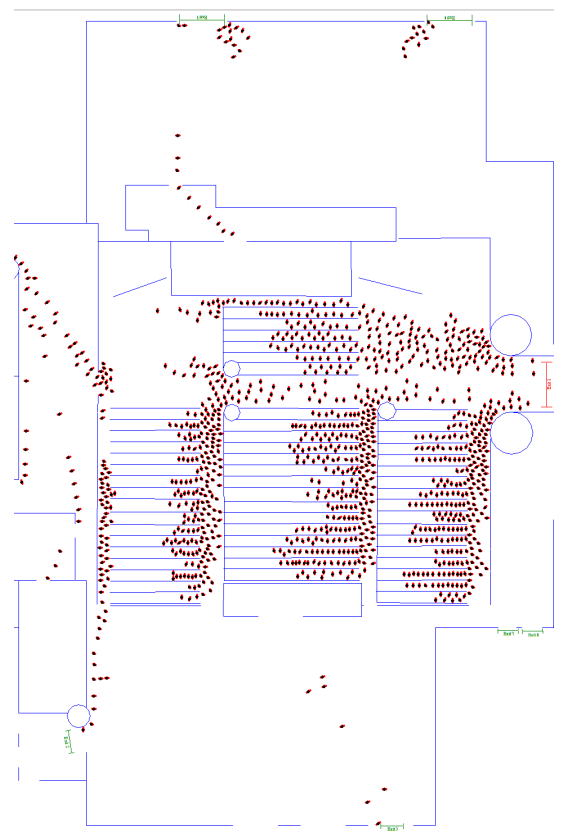
Figur A1. Startposition scenario 1.



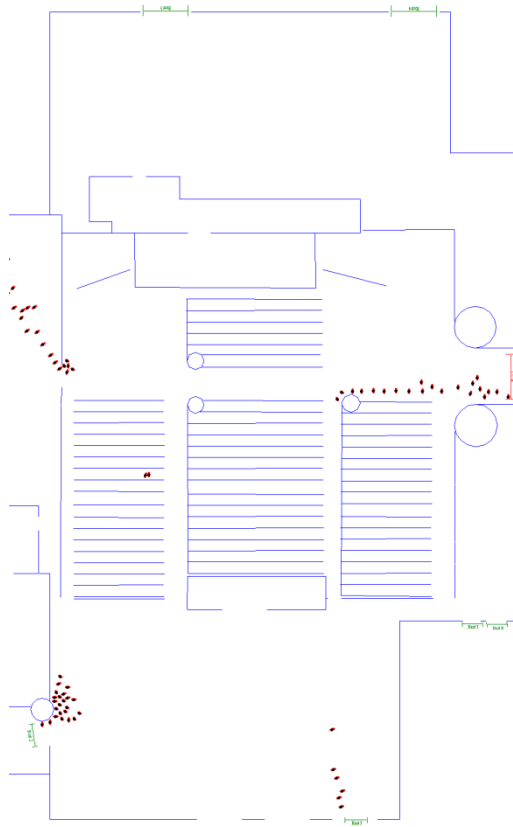
Figur A2. Startposition scenario 2.



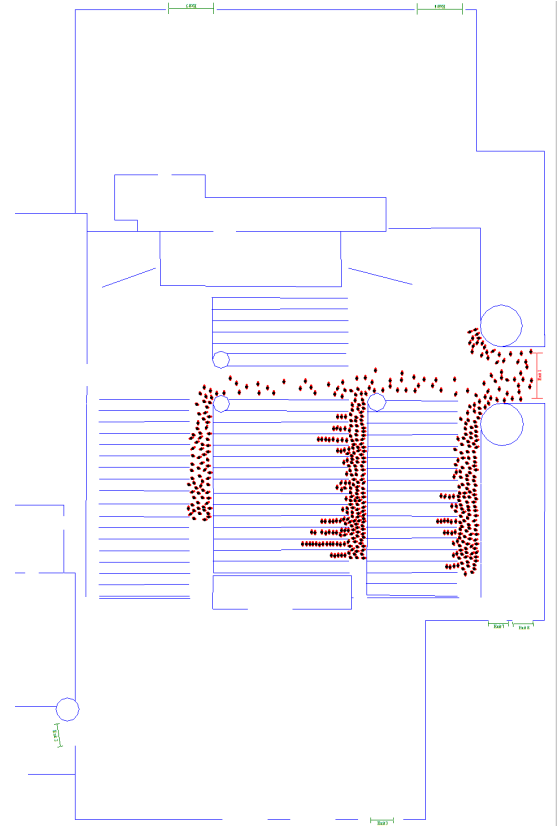
Figur A3. 14 sekunder, scenario 1.



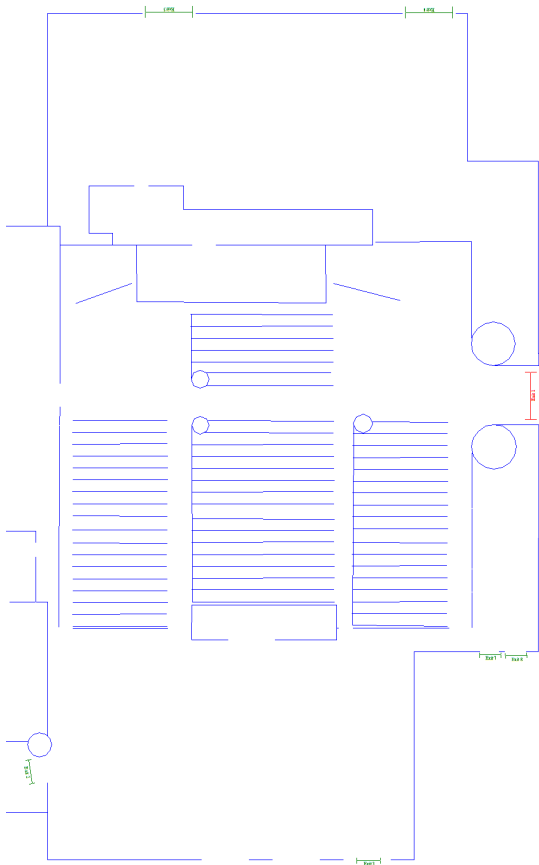
Figur A4. 14 sekunder, scenario 2.



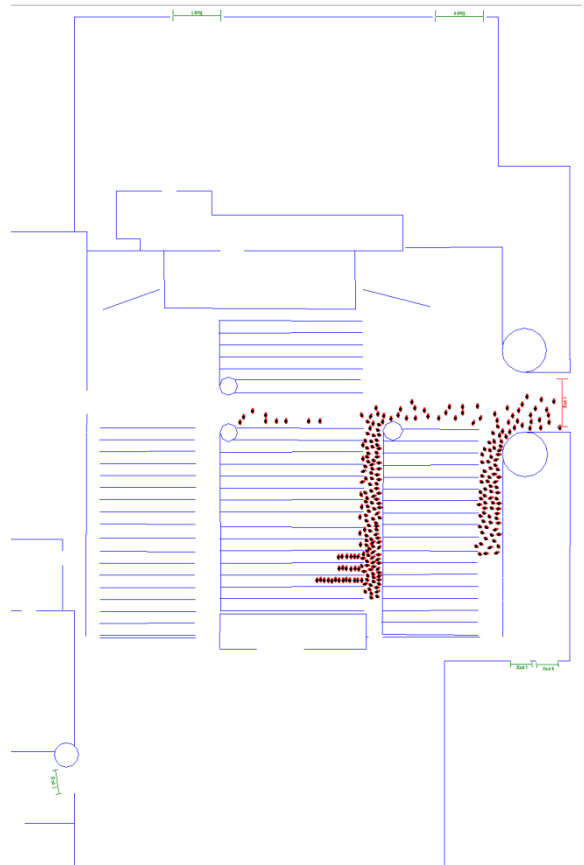
Figur A5. 91 sekunder, scenario 1.



Figur A6. 91 sekunder, scenario 2.



Figur A7. 160 sekunder, scenario 1.



Figur A8. 160 sekunder, scenario 2.

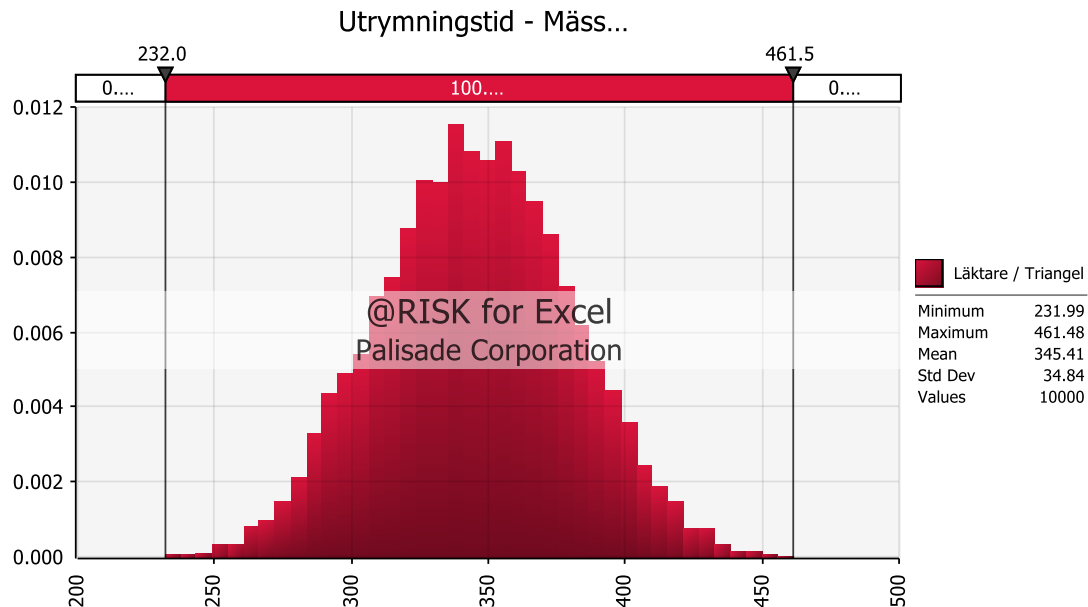
Den slutgiltiga förflyttningstiden för de två olika scenarierna ut ur lokalen sätts som ett minimi samt maximivärde för förflyttningstiden ut ur mässhallen. Toppvärdet väljs som medelvärdet mellan minimi- och maximivärdet. Intervallet redovisas i tabell A4 med en triangel fördelning enligt nedan.

Tabell A4. Förflyttningstid, mässhallen.

Triangel fördelning	Förflyttningstid [s]
Min (1)	160
Topp	230
Max (2)	300

A.1.4 Total utrymningstid

Den totala utrymningstiden för mässhallen beräknas i @risk och redovisas i ett histogram enligt figur A9 nedan.



Figur A9. Total utrymningstid för mässhallen.

Den snabbaste utrymningen är 232 sekunder medan den långsammaste är 462 sekunder. Medelutrymningstiden simuleras till 345 sekunder. Då osäkerheterna är stora i dessa fördelningar avrundas värdena till 230, 345 och 460 sekunder.

A.2 Utrymningstid - Kongresshall

Utrymningsscenariot i kongresshallen innebär en extra stor risk i och med läktaren i ena änden av lokalen. Utrymningen försvåras framförallt då tiden till kritiska förhållanden för personerna på läktaren är kortare än för personer som befinner sig på golvplan. En annan faktor som påverkar tid till kritiska förhållanden är att taket lutar något uppåt mot läktaren vilket gör att röken kommer söka sig hit först. Personers förflyttning ner från läktaren kommer även påverkas av trappornas utformning och placering ner från läktaren. På golvnivå i kongresshallen kan utrymningsituationen variera då det på vissa evenemang placeras ut stolar utöver de ordinarie, fasta stolarna.

A.2.1 Varseblivningstid

Då rök- och värmedetektorerna fungerar i detta scenario måste varseblivningstiden bestämmas beroende på om personer i lokalen eller en detektor varseblir branden först. Enligt Boverket kan tid till att en person i lokalen upptäcker branden inte preciseras mer än till några minuter då kunskapen inom området är begränsat (Boverket I, 2006). På grund av osäkerheten i fallet då en person upptäcker branden och larmar de andra personerna i lokalen används istället tid till detektoraktivering.

Tid till detektoraktivering bestäms i DetactT2 till cirka 70 sekunder. För att verifiera beräkningarna i DetactT2 beräknades rökdetektoraktivering även i FDS till 30 sekunder enligt bilaga C3. Båda beräkningsmodellerna innehåller en hel del osäkerheter som bland annat har att göra med detektorns exakta placering och antaganden för beräkningar i respektive program. Simuleringarna i FDS anses här vara rimligast där slutsatsen ger ett intervall som redovisas i tabell A5 med en triangelfördelning enligt nedan.

Tabell A5. Varseblivningstid, kongresshallen.

Triangelfördelning	Varseblivningstid [s]
Min	20
Topp	30
Max	40

A.2.2 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstiden påverkas olika beroende på om det är en tydlig rökutveckling från scenrummet eller om det enbart är utrymningslarmet som har startat. Eftersom publikens uppmärksamhet är riktad mot scen bör de relativt snabbt se branden, men eftersom det sker framme på scen kan det ändå dröja innan de inser allvaret i situationen om de tror att det är en rökeffekt eller liknande. Utgångspunkten är att kongresshallen jämförs med en biograf med en medeltid för beslut- och reaktion till 60 sekunder (Boverket III, 2011). Efter simuleringar i CFAST och FDS visade det sig dock att rökutvecklingen från scenrummet är tydlig i ett mycket tidigt skede varför besluts- och reaktionstiden sätts lägre. Intervallet redovisas i tabell A6 med triangelfördelning nedan.

Tabell A6. Besluts- och reaktionstid, kongresshallen.

Triangelfördelning	Besluts- och reaktionstid [s]
Min	10
Topp	20
Max	30

A.2.3 Förflyttningstid

De strategiskt placerade utrymningsdörrarna påverkar förflyttningstiden i kongresshallen då personerna i lokalen fördelas relativt jämnt och det inte blir någon större köbildning. Vid utrymningssimuleringar beräknas det in att en procent på något sätt är rörelseförhindrade (Almgren et al, 2012) vilken redovisas i indata för simuleringarna i tabell A7 nedan.

Tabell A7. Indata Simulex, kongresshall.

Population i lokalen	Antal [personer]
Rullstolsburna/nedsatt rörelseförmåga	5
Övriga	479
Totalt	484

Förflyttningen delas in i två olika utrymningsscenarier för att undersöka hur mycket utrymningstiden påverkas vid simulering av bästa troliga och värsta troliga.

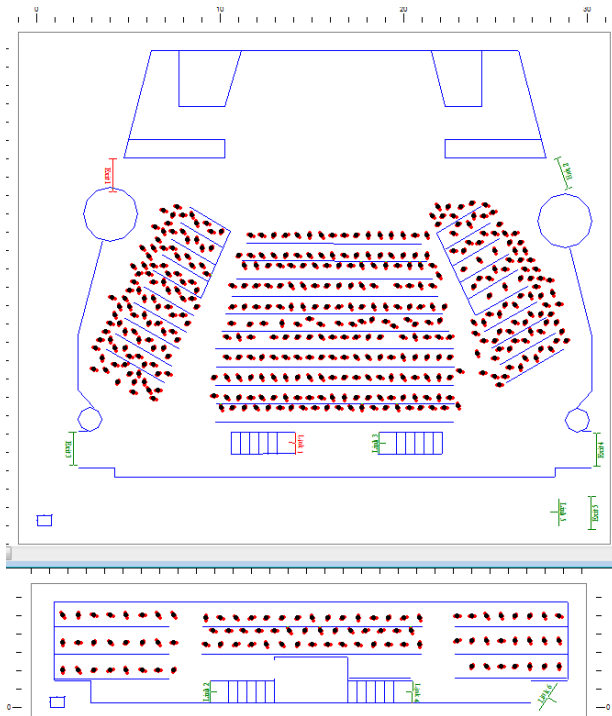
Scenario 1

Ett scenario där alla utrymningsdörrar är tillgängliga och personerna i lokalen fördelar sig relativt jämt mellan utgångarna. Personer som befinner sig på läktaren i kongresshallen använder sig framförallt utav utrymningsdörrarna längst bak i lokalen medan större delen av de andra gästerna utrymmer genom dörrarna längst fram i lokalen.

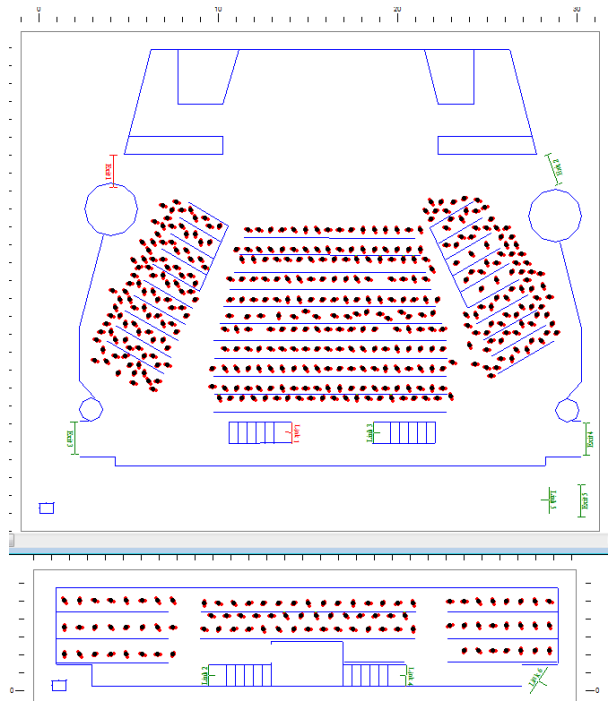
Scenario 2

Här antas det inte möjligt att utrymma genom dörren längst fram till höger i lokalen. Detta skulle kunna bero på att då branden börjar framme till höger i lokalen väljer personerna som utrymmer att inte utrymma genom den dörren. De andra utrymningsvägarna är tillgängliga på samma sätt som i scenario 1.

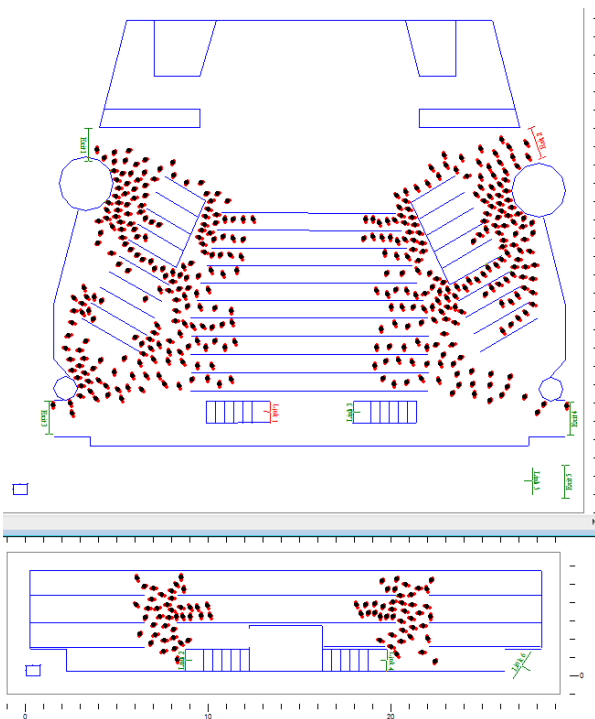
De två scenarionas utrymningssimuleringar redovisas och jämförs i figur A10 till A18 nedan. Överst i figurerna ses kongresshallens golvnivå, och i nederkant dess läktare.



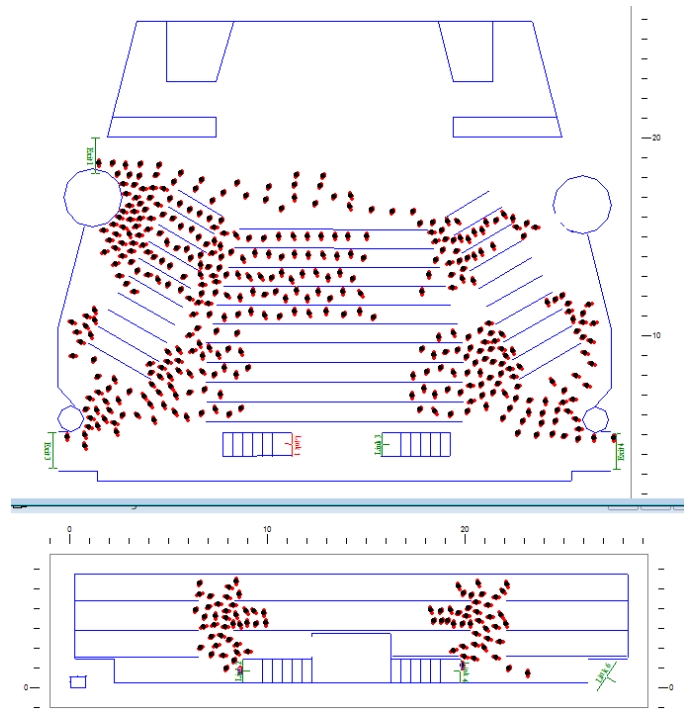
Figur A10. Scenario 1, startposition.



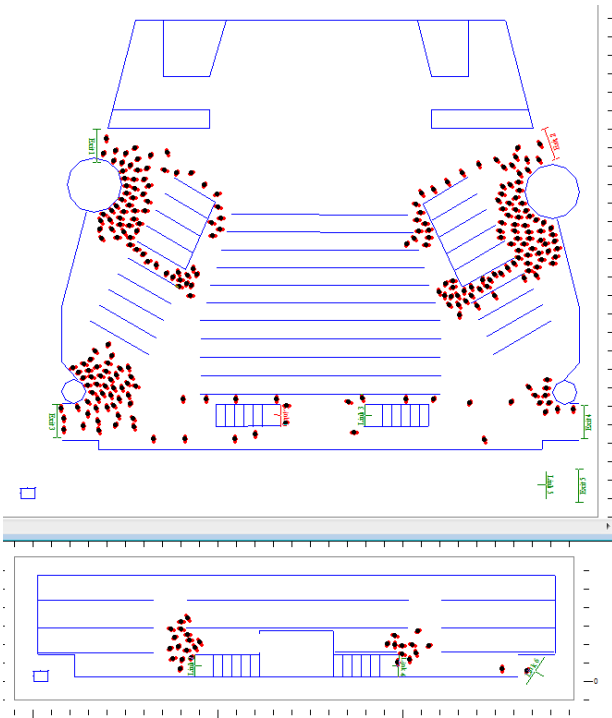
Figur A11. Scenario 2, startposition.



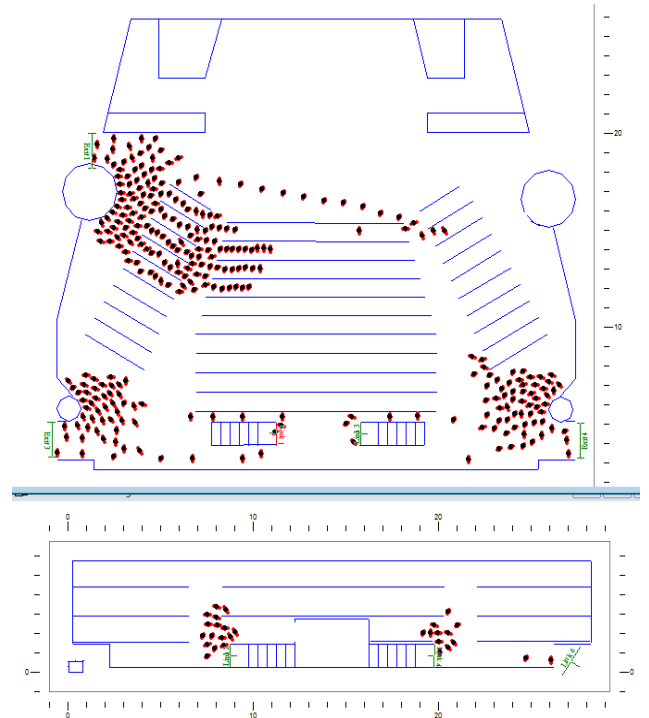
Figur A11. Scenario 1, 7 sekunder.



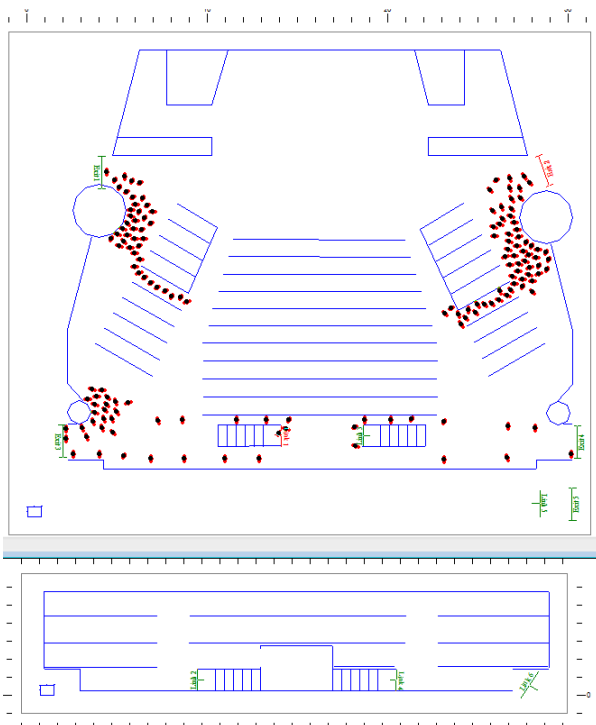
Figur A12. Scenario 2, 7 sekunder.



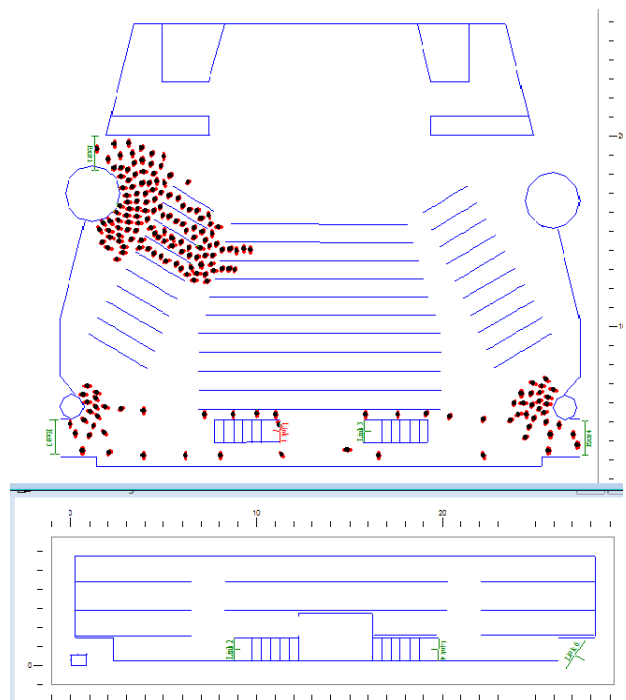
Figur A13. Scenario 1, 25 sekunder.



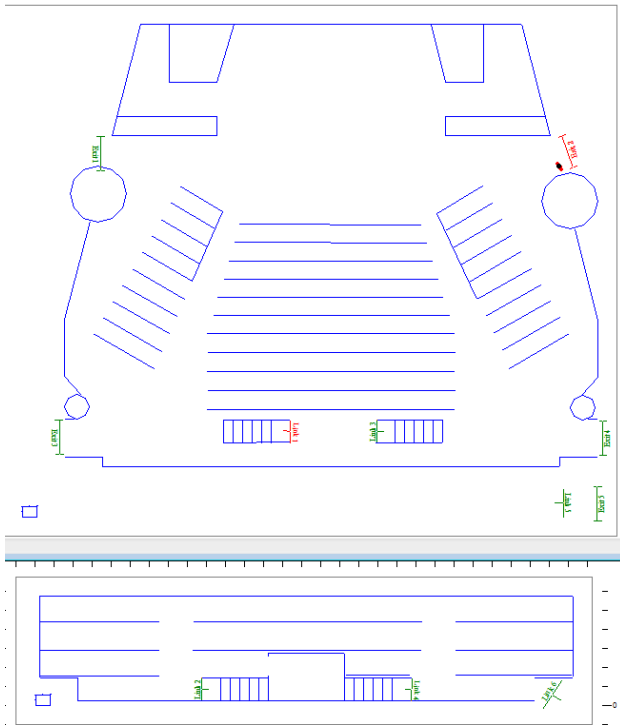
Figur A14. Scenario 2, 25 sekunder.



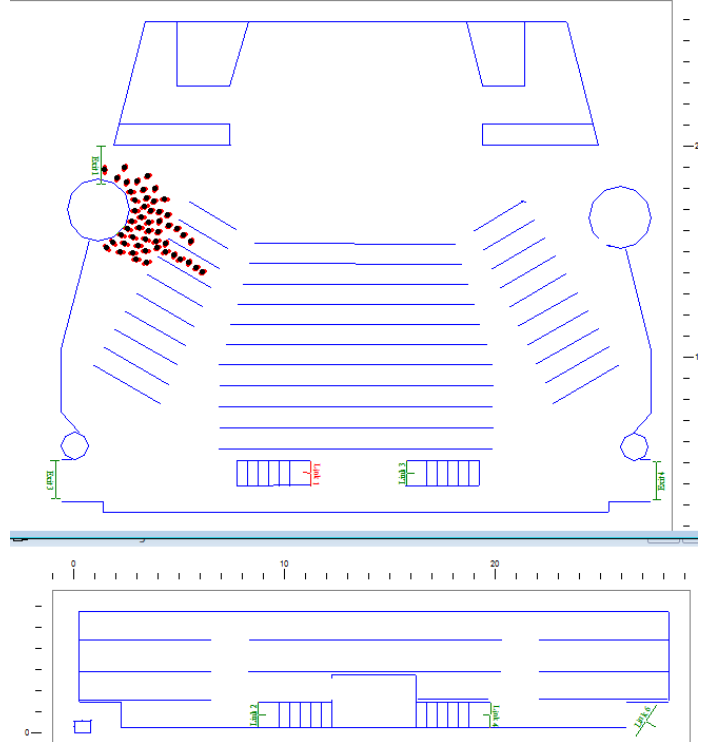
Figur A15. Scenario 1, 40 sekunder.



Figur A16. Scenario 2, 40 sekunder.



Figur A17. Scenario 1, 80 sekunder.



Figur A18. Scenario 2, 80 sekunder.

Eftersom utrymningstiden för personer på läktaren är mest kritisk och denna tid inte ändras mellan de två olika scenarierna ses ovan att utrymningssituationen är bra trots en utrymningsdörr mindre. Förflyttningstiden för scenario 1 sätts som minimivärde medan scenario 2 sätts som maximivärde för triangelfördelningen i tabell A4.

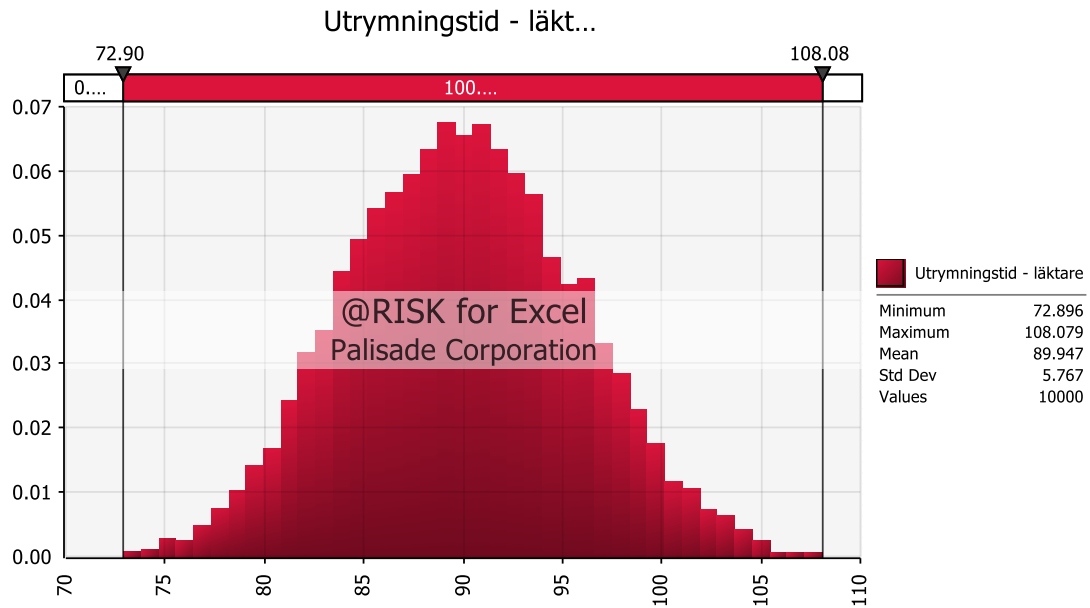
Tabell A8. Förflyttningstid, kongresshallen.

Triangelfördelning	Förflyttningstid [s]
Min (1)	80
Topp	95
Max (2)	110

Eftersom kritiska förhållanden först uppkommer för personer på läktaren delas kritiska förhållanden in i personer på läktaren och personer som inte befinner sig på läktaren. I figur A15 och A16 ovan visas att förflyttningstid ner från läktaren enbart är 40 sekunder.

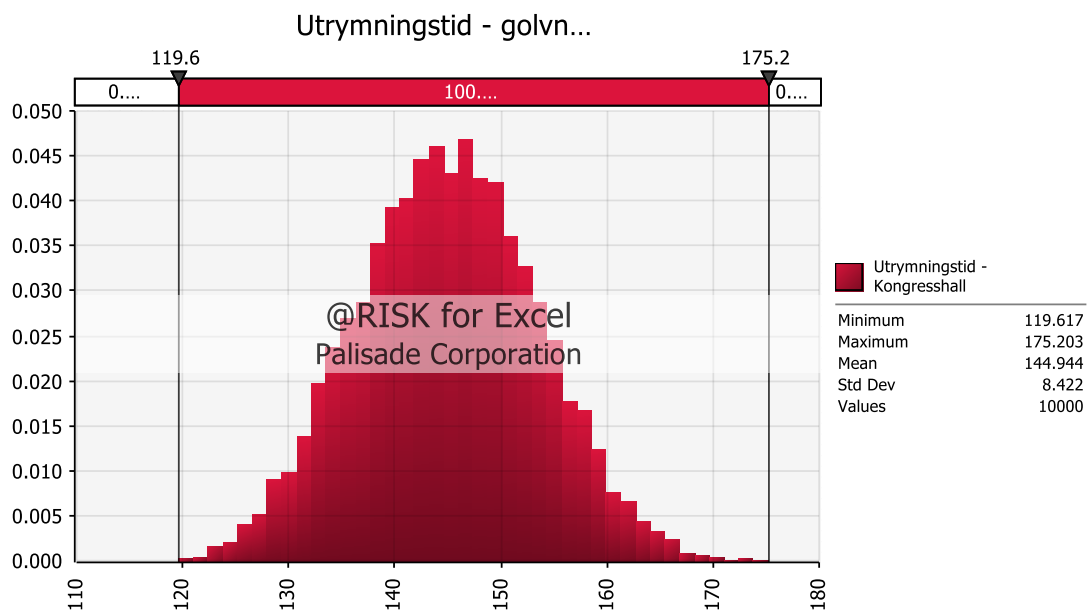
A.2.4 Total utrymningstid

Den totala utrymningstiden ner från läktaren samt ut ur kongresshallen beräknas i @risk och redovisas i histogram enligt figur A19 och A20 nedan.



Figur A19. Total utrymningstid ner från läktaren i kongresshallen.

I figur A19 redovisas den totala utrymningstiden ner från läktaren i kongresshallen med en medeltid på 90 sekunder. Den kortaste samt längsta utrymningstiden ner från läktaren är 73 respektive 108 sekunder. Då osäkerheterna är stora i dessa fördelningar avrundas värdena till 70, 90 och 110 sekunder.



Figur A20. Total utrymningstid för kongresshallen.

I figur A20 redovisas den totala utrymningstiden ut ur kongresshallen med en medeltid på 145 sekunder. Den kortaste samt längsta utrymningstiden ner från terrassen är 120 respektive 175 sekunder. Då osäkerheterna är stora i dessa fördelningar avrundas värdena till 120, 145, 175 sekunder.

Bilaga B

I denna bilaga redovisas beräkningar gjorda för brandscenario i mässhallen.

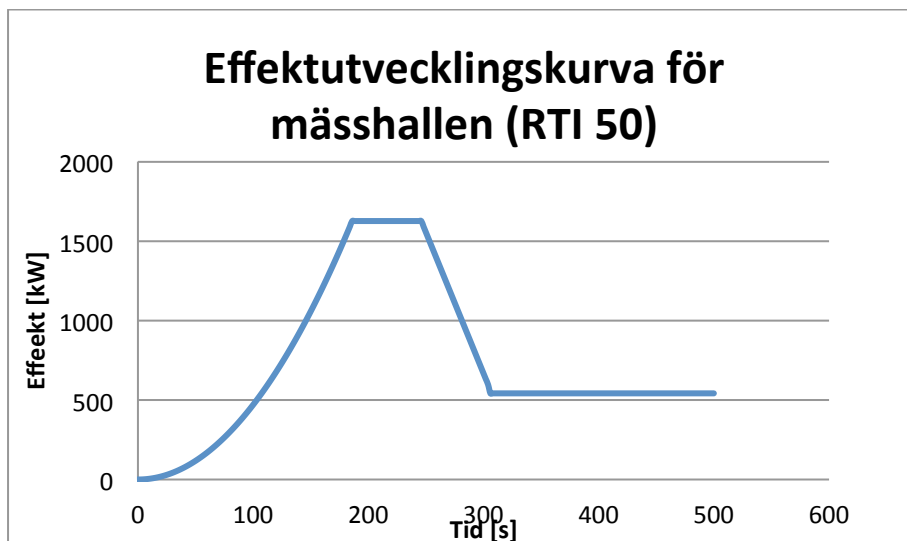
B.1 Känslighetsanalys av RTI-värde

I brandscenariot för mässhallen fungerar lokalens sprinklersystem vilket dämpar branden. Vid objektsbesöket kunde endast bulber och sprinklerhuvuden undersökas visuellt då inget provexemplar erhöles. Efter jämförelse med kända sprinklerbulbers RTI uppskattas värdena på objektets bulber till någonstans runt 50. Då det inte fanns möjlighet att fastställa sprinklerbulbernas RTI-värden ansågs det nödvändigt att göra en känslighetsanalys. Genom att variera RTI-värdet mellan 50 och 75 i DetactT2 kunde skillnaden i tid och effekt observeras vid sprinkleraktivering. I tabell B1 redovisas ingående och utgående data från DetactT2.

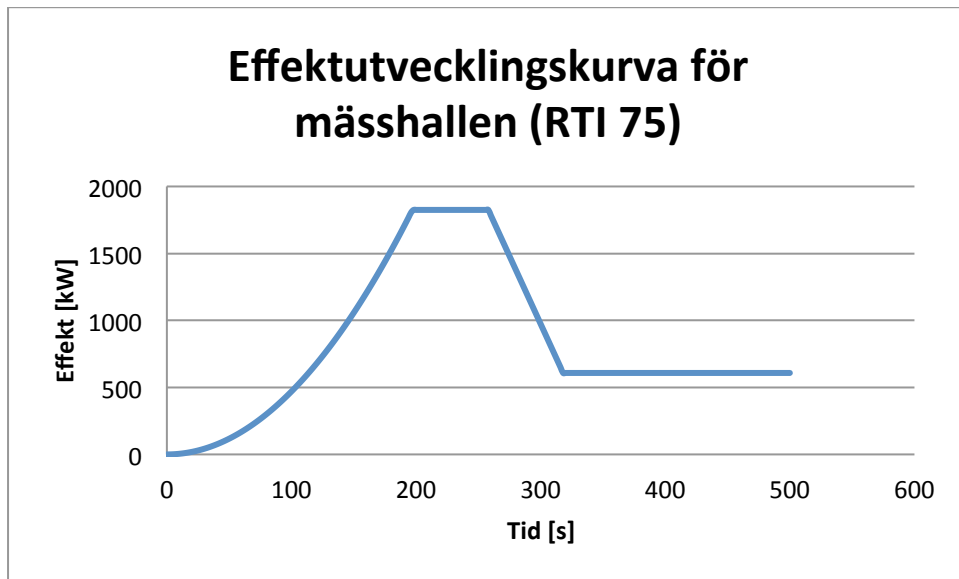
Tabell B1. Ingående samt utgående data från DetactT2.

	Mässhall RTI-50	Mässhall RTI-75
Omgivningstemperatur [C]	20	20
RTI-värde [$\sqrt{m \cdot s}$]	50	75
Detektor aktiveringstemperatur [C]	68	68
Rummets höjd [m]	6,6	6,6
Horisontellt avstånd mellan sprinklers [m]	3	3
Brandens tillväxthastighet [kW/s^2]	0,047	0,047
Tid till aktivering [min]	3,11	3,29
Brandens effekt [kW]	1632	1825

Med utgångspunkt från Enclosure Fire Dynamics (Karlsson & Quintiere, 2000) och rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011) ansätts brandens tillväxthastighet till ”fast”, det vill säga att den tilltar med $0,047 \text{ kW/s}^2$, till dess att sprinkler aktiverar. Effekten antas därefter att hållas konstant under en minut för att sedan sjunka ner till en tredjedel. Antagandena om sprinklersystemets inverkan på effektutvecklingen grundas på rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011). Nedan redovisas de olika effektutvecklingskurvor som togs fram i känslighetsanalysen.

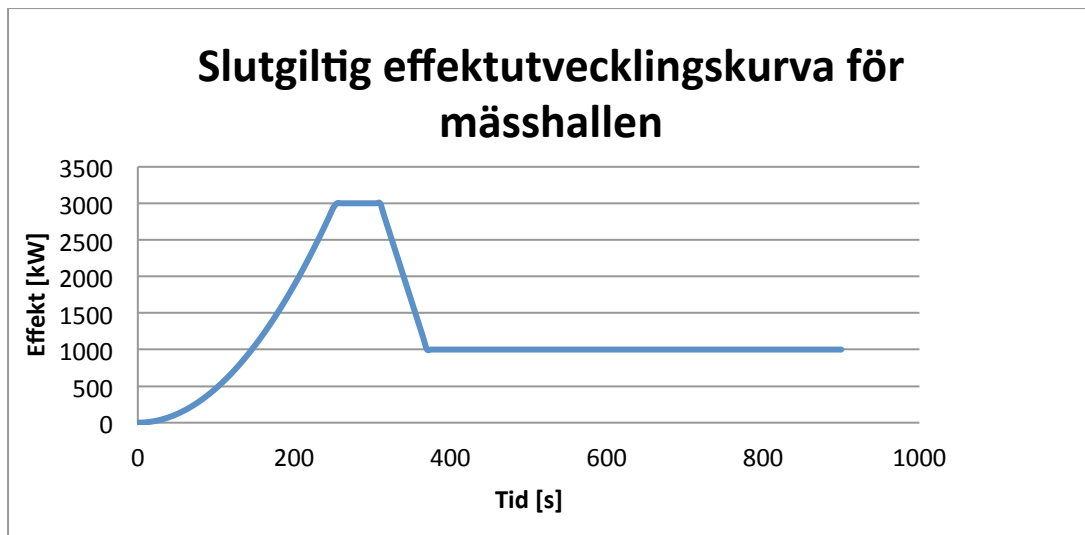


Figur B1. Effektutvecklingskurva för mässhall, RTI 50.



Figur B2. Effektutvecklingskurva för mässhallen, RTI 75.

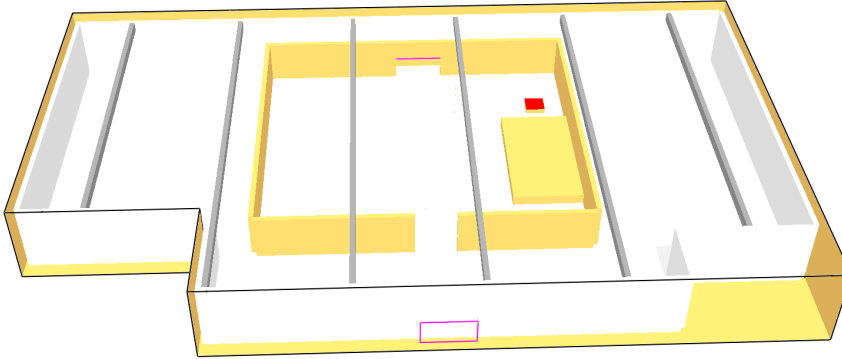
Skillnaden mellan maxeffekterna skiljer sig väldigt lite, cirka 200 kW. Detta innebär att skillnaden mellan RTI-värden på 50 och 75 har relativt liten påverkan på tid till sprinkleraktivering och därmed brandens maxeffekt. I Detact T2 aktiverar sprinklern tidigare än i verkligheten, se bilaga G. För att kompensera för detta förlängs därmed aktiveringstiden med 60 sekunder vilket resulterar i en maxeffekt på 3 MW. Den slutgiltiga effektutvecklingskurvan som används i simuleringarna redovisas i figur B3.



Figur B3. Slutgiltig effektutvecklingskurva, mässhall.

B.2 Simuleringar - FDS

Mässhallens geometri omöjliggör en simulering i programmet CFAST på grund av dess geometriska begränsningar enligt figur G1. Även takbalkarna gjorde så att tvåzonsmodellen CFAST inte kunde användas. Istället används simuleringsprogrammet FDS.



Figur B4. Förenkling av mässhallen i FDS.

Lokalens mått är 72 x 42 x 6,6 meter. Cellernas sidor sattes till 2,5 dm i mesherna närmast branden. Denna storlek beräknades via överslagsräkning med hjälp av Overholts FDS Mesh Size Calculator ligga mellan ”medium” och ”coarse” (koverholt.com). Resterande cellsidor sattes till 5 dm, motsvarande en storlek som är något större än ”coarse”. Denna förenkling fick göras på grund av brist på datorkapacitet. Alla materialegenskaper som används i FDS-simuleringen går att avläsa i indatafilen. De viktigaste värdena sammanfattas i tabell B2 till B4. För att se den fullständiga indatafilen till simuleringen hänvisas till bilaga H.

Tabell B2. Ingående data för mässhallen.

Ingående data för mässhallen	
Starttemperatur i brandcellen	20 [°C]
Starttryck i brandcellen	101,3 [kPa]
Material i väggar	Betong*
Material i tak	Betong*
Material i golv	Betong*

* Se data i tabell B3 för termiska egenskaper.

Tabell B3. Ingående data för materialen i mässhallen.

Materialegenskaper för betong	
Konduktivitet	1,37 [kW/m°C]
Densitet	2100 [kg/m ³]
Specifik värmekapacitet	0,88 [kJ/kg°C]

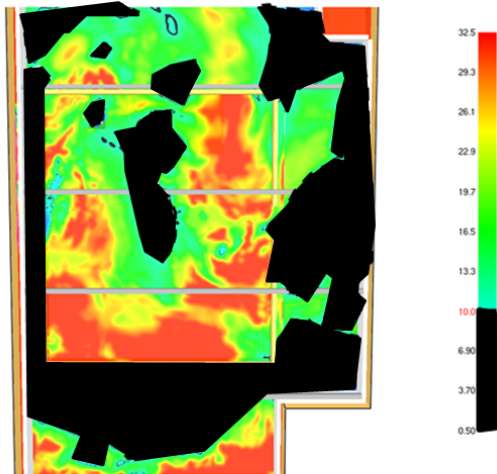
Tabell B4. Ingående data för brandens egenskaper i mässhallen.

Brandens egenskaper	
Tillväxthastighet	0,047 [kW/s ²]
Maxeffekt	3 [MW]
Bränslets area	4 [m ²]
Bränsletyp	Polyuretan (N= 1,0 C =6,3 H=7,1 O=2,1)
Soot_yield	0,1
HRRPUA	750 [kW/m ²]
Energiinnehåll	Definierades ej

Då det inte går att mer ingående identifiera materialen som användes under evenemanget valdes polyuretan. Detta material anses vara det värst troliga materialet då det är mycket sotande men ändå vanligt förekommande som hårdplast eller som stoppningsmaterial i möbler samt madrasser (Ohlemiller & Shields, 2008).

B.2.1 Siktbarhet 2 meter ovan golv

I FDS beräknas siktbarheten 2 meter ovan golv för att ta fram tid till kritiska förhållanden. Efter 400 sekunder börjar siktbarheten sjunka under kritisk nivå enligt figur B5.



Figur B5. Siktbarheten efter 400 sekunder, områden med där kritisk siktbarhet uppnåts är markerat helsvart.



Figur B6. Siktbarheten efter 600 sekunder, områden där kritisk siktbarhet uppnåts är markerat helsvart.

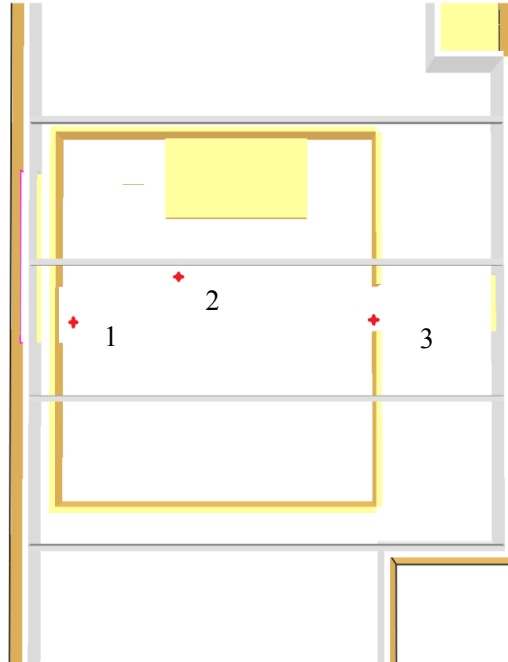
Efter 600 sekunder var hela lokalen under kritisk nivå, se figur B6. Då det är svårt att bestämma en exakt tid till när kritisk siktbarhet uppstår görs en triangelfördelning med medelvärdet 500 sekunder enligt tabell B5 nedan.

Tabell B5. Tid till kritiska förhållanden, siktbarhet.

Triangelfördelning	Tid till kritiska förhållanden [s]
Min	400
Topp	500
Max	600

B.2.2 Brandgaslagerhöjd

Brandgaslagret mättes vid de två större utrymningsgångarna samt i gången mellan utrymningsgångarna enligt figur B7.



Figur B7. Mätpunkternas placering i mässhallen.

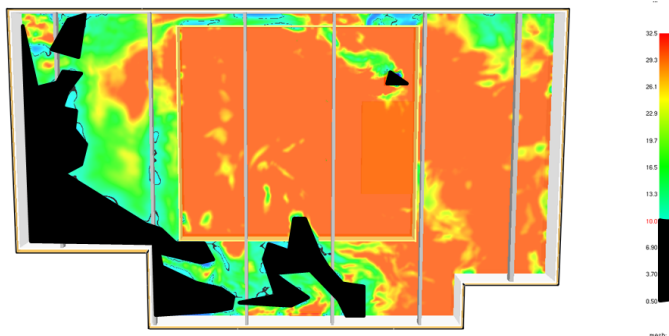
Brandgaslagerhöjden i mässhallen varierar mycket vilket visas i figur B8. Mätpunkterna närmast branden indikerar på att brandgaslagret når till kritisk nivå vid 180 sekunder varefter det direkt höjs till runt tre meter. Alla mätpunkter visar på att brandgaslagret nått kritisk nivå efter 700 sekunder. Varför mätpunkt 1 indikerar så tidigt kan vara för att den ligger bakom en takbjälke och att viss turbulens kan uppstå när brandgaserna färdas förbi balken. Den kritiska tiden för brandgaslagrets höjd sätts till 700 sekunder.

B.3 Verifiering med FDS

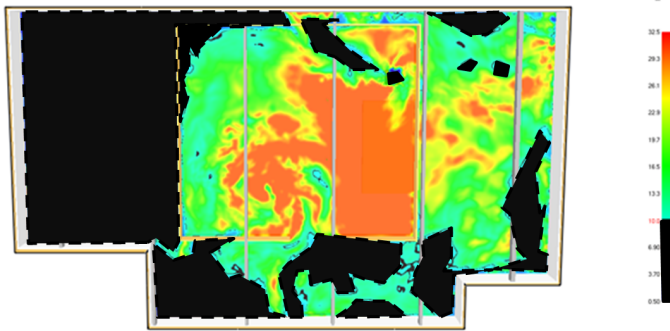
En simulering med finare celler gjordes i FDS för att se om resultaten skiljde sig åt. Cellstorlekarna som användes var celler vars sidor var 1 dm närmast branden och 2 dm i resten av lokalen. Överslagsräkning med Overholts FDS Mesh Size Calculator visar att celler med sidan 1 dm är ”fine” och celler med sidorna 2dm ligger mellan ”medium” och ”coarse”. (koverholt.com). Nedan redovisas när kritiska förhållanden uppstod.

B.3.1 Siktbarhet 2 meter ovan golv

I figur B9 och B10 nedan redovisas tid till kritisk siktbarhet för verifieringssimuleringen.



Figur B9. Siktbarheten efter 400 sekunder, områden med där kritisk siktbarhet uppnåtts är markerat helsvart.

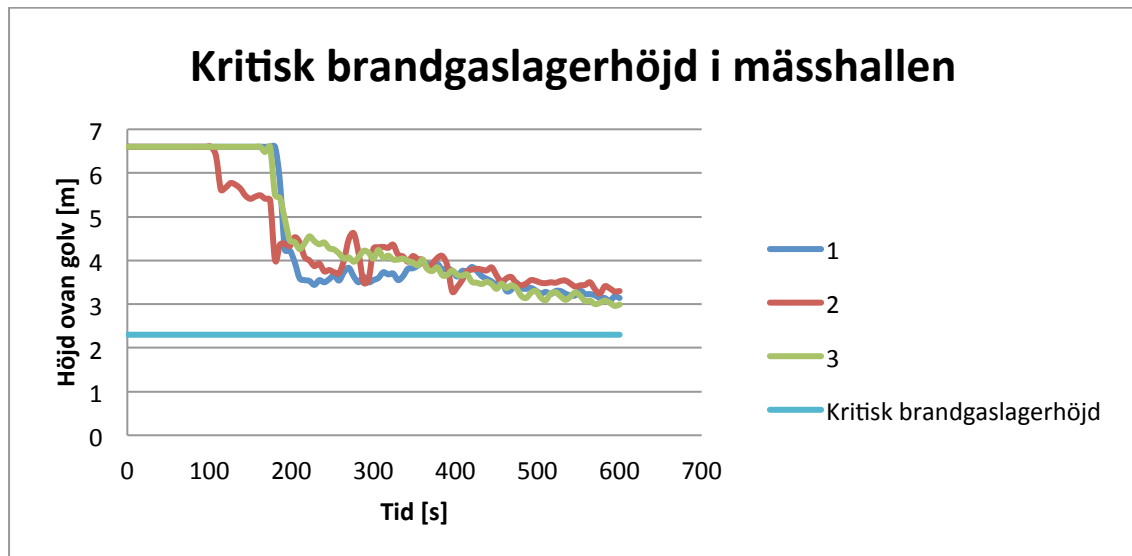


Figur B10. Siktbarheten efter 600 sekunder, områden med där kritisk siktbarhet uppnåts är markerat helsvart.

Tid till kritiska siktförhållanden är även i denna simulering svårt att fastställa. Dock anses kritiska förhållanden börja ske efter cirka 490 sekunder. Efter 600 sekunder har stora delar av lokalen nått kritisk siktbarhet. Detta innebär att verifieringssimuleringen ger ett mindre intervall, cirka 500 till 600 sekunder, vilket ligger i den övre delen av intervallet för den första simuleringen, 400 till 600 sekunder. Detta innebär att tid till kritiska förhållanden sker i genomsnitt senare vad gäller siktbarhet vid verifieringssimuleringen, då i jämförelse med den ursprungliga simuleringen. Eftersom verifieringsintervallet ändå ligger inom gränserna för den ursprungliga simuleringen anses den första, ursprungliga simuleringen trovärdig.

B.3.2 Brandgaslager

Brandgaslagret når inte kritisk höjd inom de 600 sekunderna som simuleringen pågick, se figur B11. Temperaturen från brandgaslagret överstiger inte heller 80 °C vilket innebär att brandgaslagret inte kommer påverka det kritiska förhållandet i mässhallen.



Figur B11. Kritisk höjd kommer inte uppnås i verifieringssimuleringen.

Bilaga C

I denna bilaga redovisas beräkningar gjorda för brandscenariot i kongresshallen.

C.1 Känslighetsanalys av RTI-värde

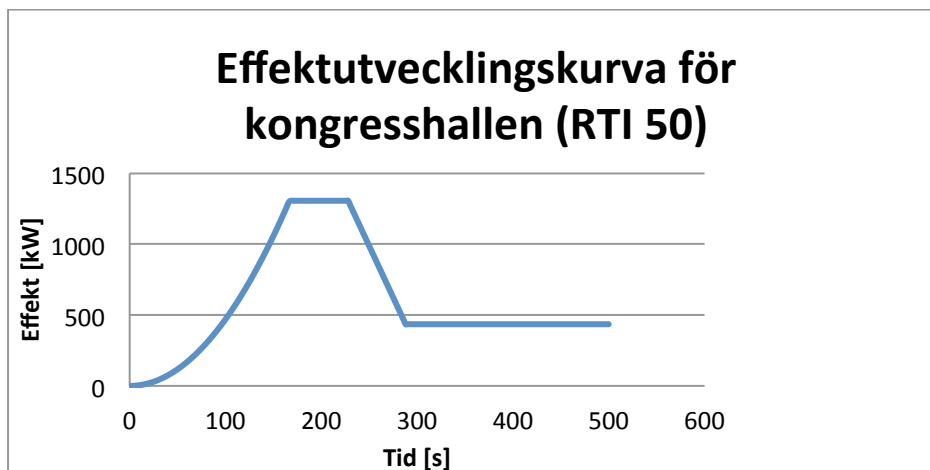
I brandscenariot för kongresshallen fungerar lokalens sprinklersystem vilket dämpar branden. Vid objektsbesöket kunde endast bulber och sprinklerhuvuden undersökas visuellt då inget provexemplar erhöles. Efter jämförelse med kända sprinklerbulbers RTI uppskattas värdena på objektets bulber till någonstans runt 50. Då det inte fanns möjlighet att fastställa sprinklerbulbernas RTI-värden ansågs det nödvändigt att göra en känslighetsanalys. Genom att variera RTI-värdet mellan 50 och 75 i DetactT2 kunde skillnaden i tid och effekt observeras vid sprinkleraktivering. I tabell C1 redovisas ingående och utgående data från DetactT2.

Tabell C1. Indata och utdata, Detact T2.

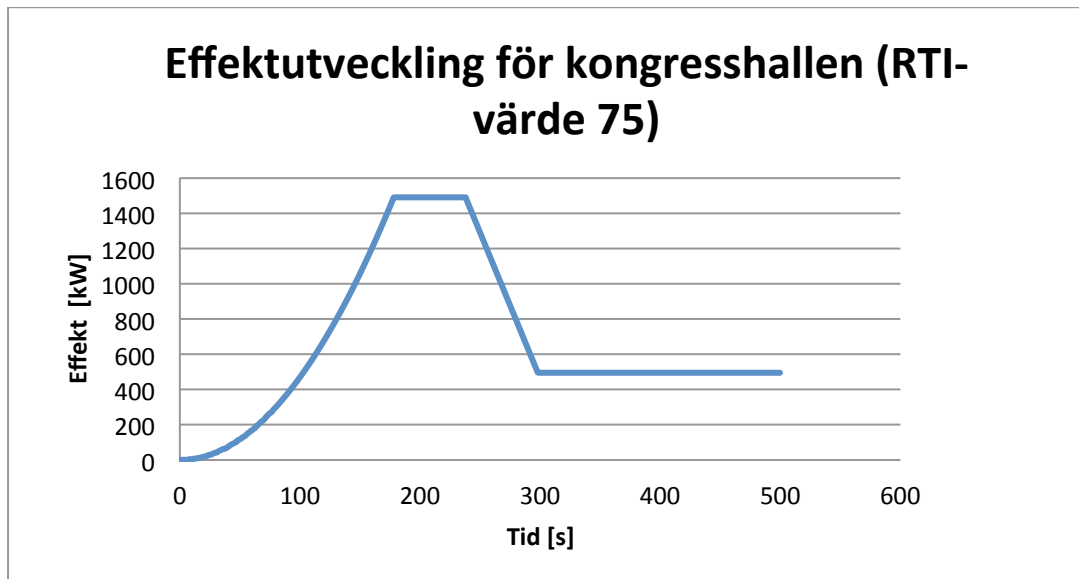
Känslighetsanalys, RTI	Kongresshall RTI-50	Kongresshall RTI-75
Omgivningstemperatur [C]	20	20
RTI-värde [$\sqrt{m \cdot s}$]	50	75
Detektor aktiveringstemperatur [C]	68	68
Rummets höjd [m]	5,5	5,5
Horisontellt avstånd mellan sprinklers [m]	3	3
Brandens tillväxthastighet [kW/s^2]	0,047	0,047
Tid till aktivering [min]	2,78	2,96
Brandens effekt [kW]	1306	1483

Med utgångspunkt från Enclosure Fire Dynamics (Karlsson & Quintiere, 2000) och rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011) ansätts brandens tillväxthastighet till ”fast”, det vill säga att den tilltar med $0,047 \text{ kW/s}^2$, till dess att sprinkler aktiverar. Effekten antas därefter att hållas konstant under en minut för att sedan sjunka ner till en tredjedel. Antagandena om sprinklersystemets inverkan på effektutvecklingen grundas på rekommendationer från Boverket (Boverket II, 2011).

Nedan redovisas de olika effektkurvorna som togs fram i känslighetsanalysen.

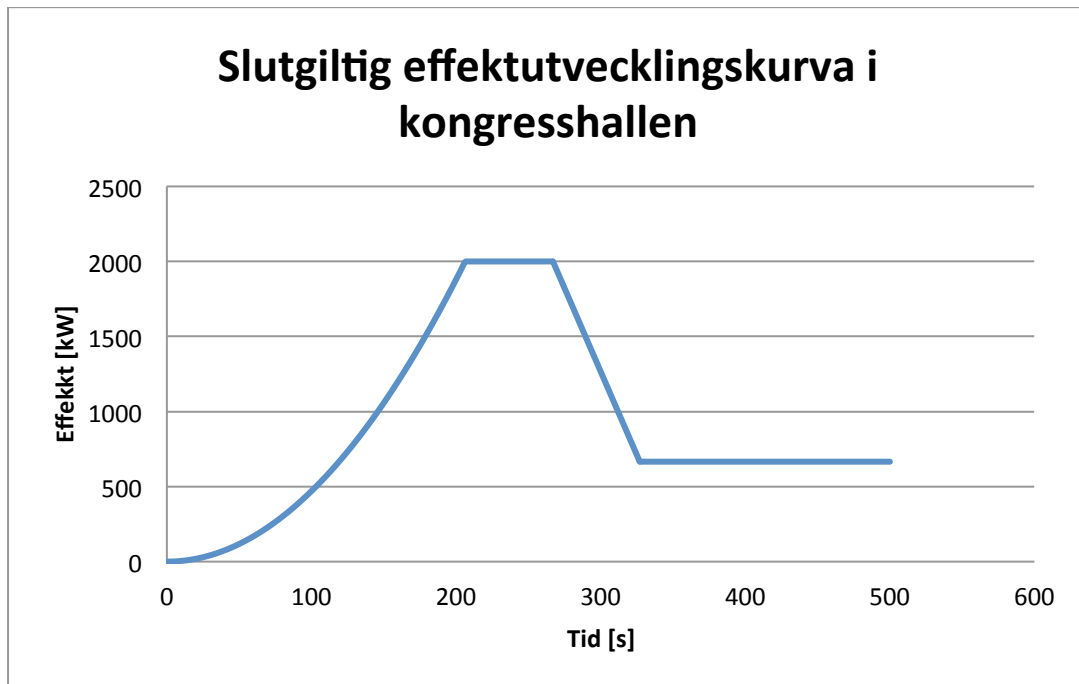


Figur C1. Effektutvecklingskurva i kongresshall, RTI 50.



Figur C2. Effektutvecklingskurva i kongresshall, RTI 75.

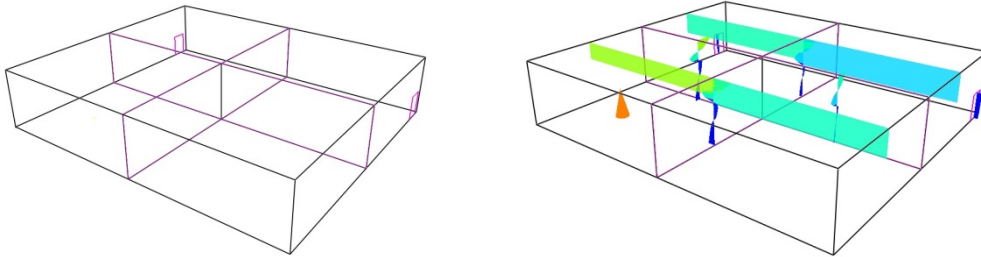
Skillnaden mellan maxeffekterna skiljer sig väldigt lite, cirka 200 kW. Detta innebär att skillnaden mellan RTI-värden på 50 och 75 har relativt liten påverkan på tid till sprinkleraktivering och därmed brandens maxeffekt. I Detact T2 aktiverar sprinklern tidigare än i verkligheten, se bilaga G. För att kompensera för detta förlängs därmed aktiveringstiden med 40 sekunder vilket resulterar i en maxeffekt på 2 MW. Den slutgiltiga effektutvecklingskurvan som används i simuleringarna redovisas i figur C3.



Figur C3. Effektutvecklingskurva i kongresshall vid sprinkleraktivering.

C.2 Simuleringar - CFAST

Förenklat sett är kongresshallens mått 28x24x5,5 meter (lxbxh). Enligt tabell G1 uppfyller utrymmets geometri således inte kraven för vad som kan anses vara acceptabelt att simulera i CFAST. Genom att dela upp lokalen i fyra lika stora delar kan detta problem dock undkommas. I kontaktytorna mellan de fyra delarna skapas så kallade ”vents” för att luften och brandgaserna ska kunna flöda fritt. Två öppningar motsvarande de bakre nödutgångarna skapas också för att inte en enorm tryckupbyggnad ska ske.



Figur C4. Till vänster: förenkling av kongresshallens geometri i CFAST. Till höger: I Smokeview visas de simulerade brandgasernas utbredning och temperatur grafiskt.

Materialegenskaper och övriga indata definieras på förhand enligt tabell C2 till C4 nedan.

Tabell C2. Ingångsdata för omgivningen.

Ingångsdata för omgivningen	
Starttemperatur i brandcellen	20 [°C]
Starttryck i brandcellen	101,3 [kPa]
Relativ luftfuktighet	50 % [-]
Temperatur i angränsande utrymmen	20 [°C]
Tryck i angränsande utrymmen	101,3 [kPa]
Material i väggar	Betong*
Material i tak	Betong*
Material i golv	–

* Se data i tabell C3 för termiska egenskaper.

Tabell C3. Termiska egenskaper för betong.

Termiska egenskaper för betong	
Konduktivitet	0,00175 [kW/m°C]
Specifik värmekapacitet	1 [kJ/kg°C]
Densitet	2200 [kg/m ³]
Tjocklek	0,15 [m]

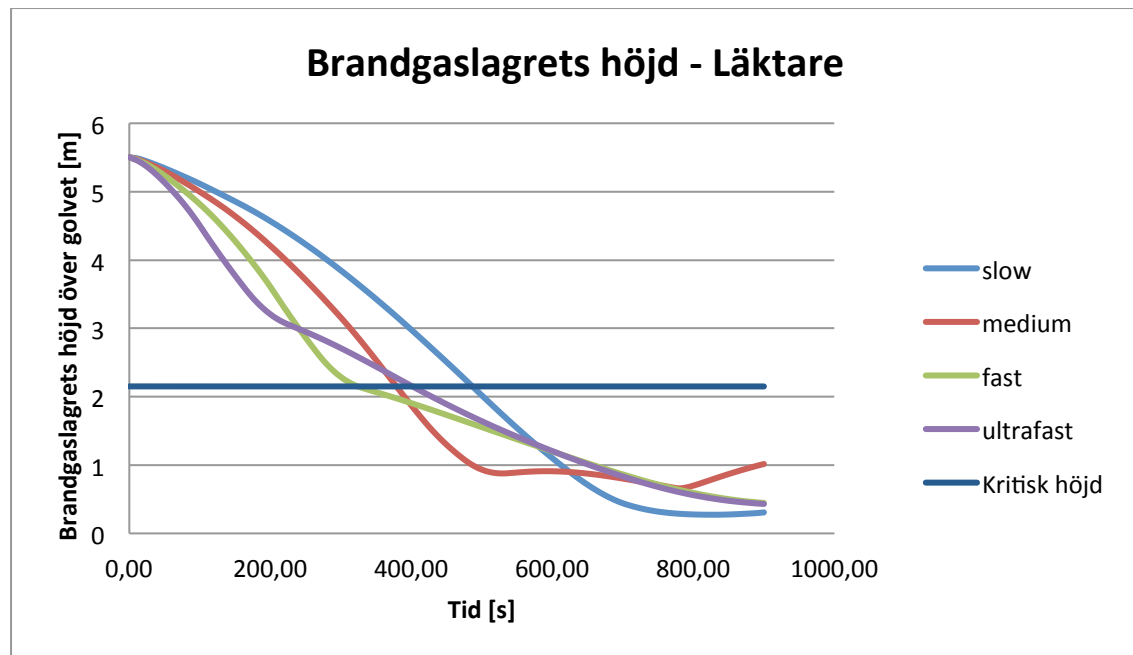
Brandens effektutveckling definieras med utgångspunkt från de förinställda material som redan finns i CFAST, i detta fall en polyuretanskumblandning, se tabell C4 nedan. I själva verket förekommer fler material, men förenklingen görs att allt brännbart består av polyuretanskumblandningen. Observera att rent polyuretan/polyuretanskum generellt sett har en förbränningsentalpi mellan 20000 - 40000 kJ/kg (vilket också används för samtliga simuleringar i FDS). Det kan dock argumenteras för att förbränningsentalpin för den förinställda polyuretanskumkompositen är något mer realistisk, varvid den används i CFAST-simuleringarna. Antagandet är inte av någon större betydelse för simuleringarna i och med att effektutvecklingskurvorna definieras på förhand, men blir avgörande vid verifieringen av brandbelastningen, se bilaga D. En känslighetsanalys gjordes sedan för att se hur stor inverkan brandens tillväxthastighet har på tiden till dess att kritiska förhållanden uppnås. Fyra olika tillväxthastigheter testades; ”slow” ($\alpha = 0,003 \text{ kW/s}^2$), ”medium” ($\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$),

”fast” ($\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$), samt ”ultrafast” ($\alpha = 0,188 \text{ kW/s}^2$). För samtliga tillväxthastigheter testades också att låta branden uppnå tre olika maxeffekter. I det ena fallet antogs branden uppnå 2 MW innan sprinklern aktiverar. Därefter gjordes simuleringar för maxeffekter på 4 MW respektive 6 MW.

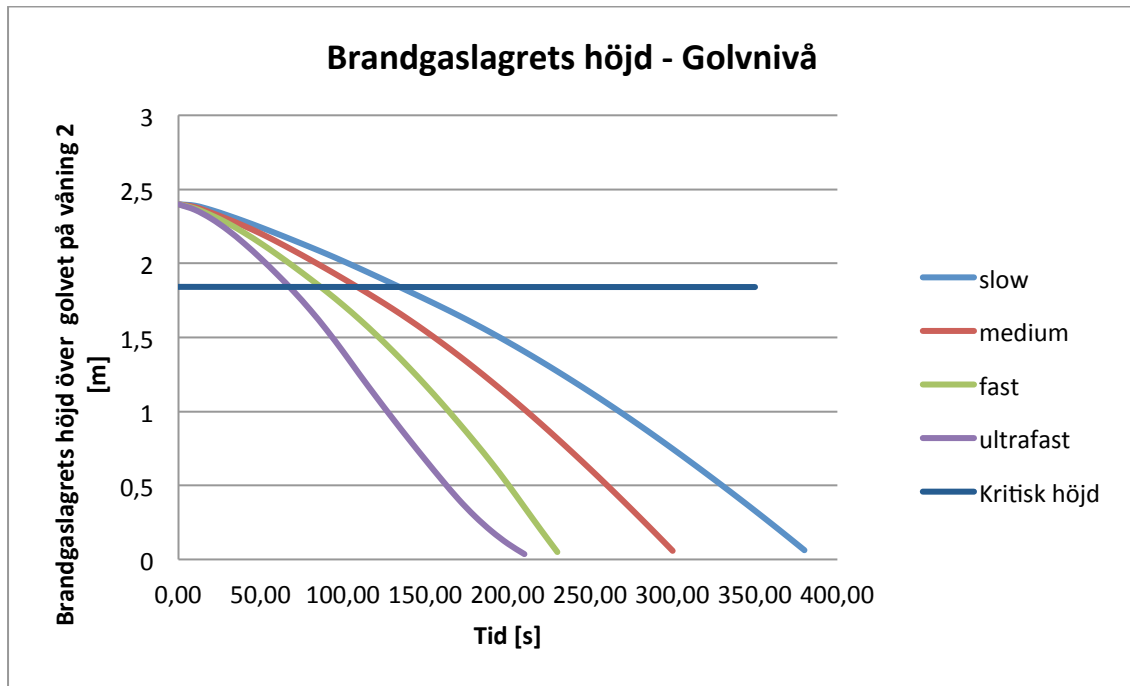
Tabell C4. Indata för branden.

Indata för branden	
Tillväxthastighet	0,003; 0,012; 0,047; 0,188 [kW/s^2]
Maxeffekt	2; 4; 6 [MW]
Bränslets area	4 [m^2]
Molmassa för polyuretankompositen	0,0283 [kg/mol]
Total massa bränsle	200 [kg]
Förbränningsentalpi för polyuretankompositen	18100 [kJ/kg]
Strålningsfraktion	0,33 % [-]

När simuleringarna körts färdigt sammanställs all utdata i Excel och intressant information såsom brandgaslagrets höjd och temperatur väljs ut och plottas i grafer. Nedan i figur C5 och C6 presenteras ett urval av de grafer som simuleringarna resulterat i. Det som eftersökts är tiden till dess att kritiska förhållanden uppnåtts. Upprepade simuleringar visar att den mest avgörande faktorn är brandens tillväxthastighet. Om brandens maximala effekt sedan uppgår i två, fyra eller sex megawatt spelar mindre roll ur utrymningssynpunkt eftersom kritiska förhållanden inträffar i ett tidigare skede.



Figur C5. Brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tid för olika tillväxthastigheter på en brand som uppgår i maximalt 2 MW. Tiden då kritiska förhållanden uppnåtts är där kurvorna skär kritisk höjd.



Figur C6. Brandgaslagrets höjd över golvet på läktaren som funktion av tiden för olika tillväxthastigheter på branden. Tiden då kritiska förhållanden uppnåtts är där kurvorna skär kritisk höjd.

För samtliga effekter och tillväxthastigheter på branden når brandgaslagret en temperatur på 80°C först efter fem minuter, det vill säga efter att alla hunnit utrymma. Temperaturen på brandgaserna blir således ingen avgörande faktor för tiden till kritiska förhållanden. Genom avläsning av figur C5 och C6 erhöles intervall för tid till kritiska förhållanden på golvnivå och läktare. Dessa redovisas i tabell C5 nedan. Att kritiska förhållanden uppstår tidigare på golvnivån för både ”fast” och ”medium” än för ”ultrafast” (se figur C5), beror på att en snabbare effektutveckling också medför en tidigare sprinkleraktivering. När sprinklern väl aktiverat sänks så småningom brandens effekt vilket i sin tur leder till att masstransporten till brandgaslagret blir lägre.

Tabell C5. Tid till kritiska förhållanden på golvnivå och läktare.

Triangelfördelning	Tid till kritiska förhållanden, läktare [s]	Tid till kritiska förhållanden, golvnivå [s]
Min	70	280
Topp	90	330
Max	110	380

C.3 Verifiering av CFAST med FDS

I följande avsnitt görs en verifiering av CFAST med hjälp av simulering i FDS. Genom att jämföra värden på brandgaslagrets höjd och temperatur verifieras CFAST. Av tidsbegränsande skäl görs endast en simulering för kongresshallen med FDS. Cellstorleken ansätts till 1 dm³ i hela utrymmet, motsvarande en cellstorlek klassificerad som ”fine”, efter att ha gjort en överslagsräkning med Overholts FDS Mesh Size Calculator (koverholt.com). För att se indatafilen till FDS-simuleringen hänvisas till bilaga H.

C.3.1 Brandgaslager

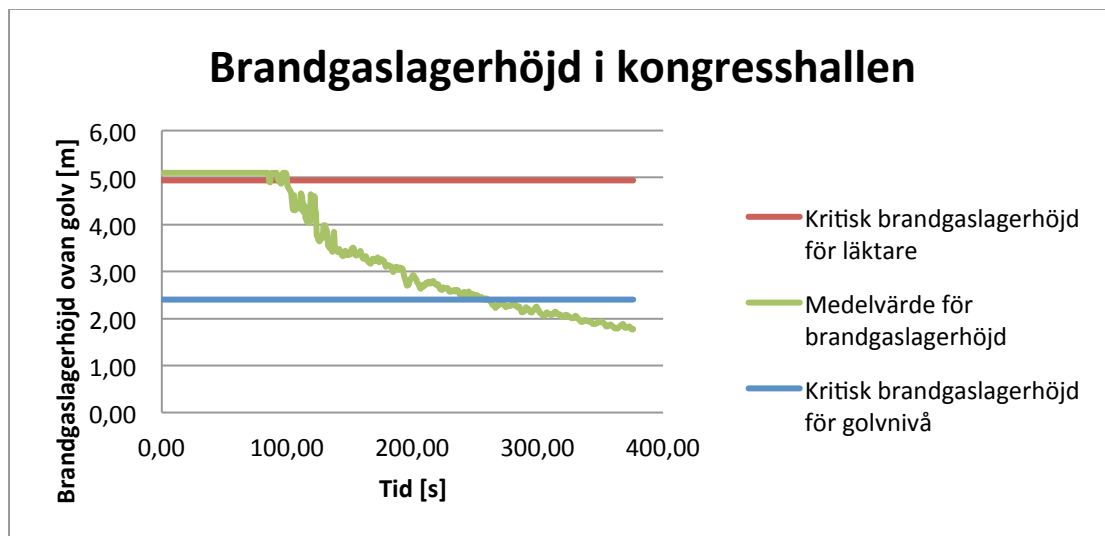
Tid till kritisk nivå på brandgaslagret samt temperatur i och under brandgaslagret jämförs mellan FDS och CFAST. Även tid till kritisk siktbarhet togs fram under denna simulering. Tid till kritisk höjd på brandgaslagret avlästes 120 sekunder för läktardelen. Simuleringarna resulterar i 270 sekunder för tid till kritiska förhållanden på golvnivå.

Temperaturen överstiger inte heller i FDS kritisk temperatur på 80 °C i närheten av åskådarpplatserna eller vid läktaren.

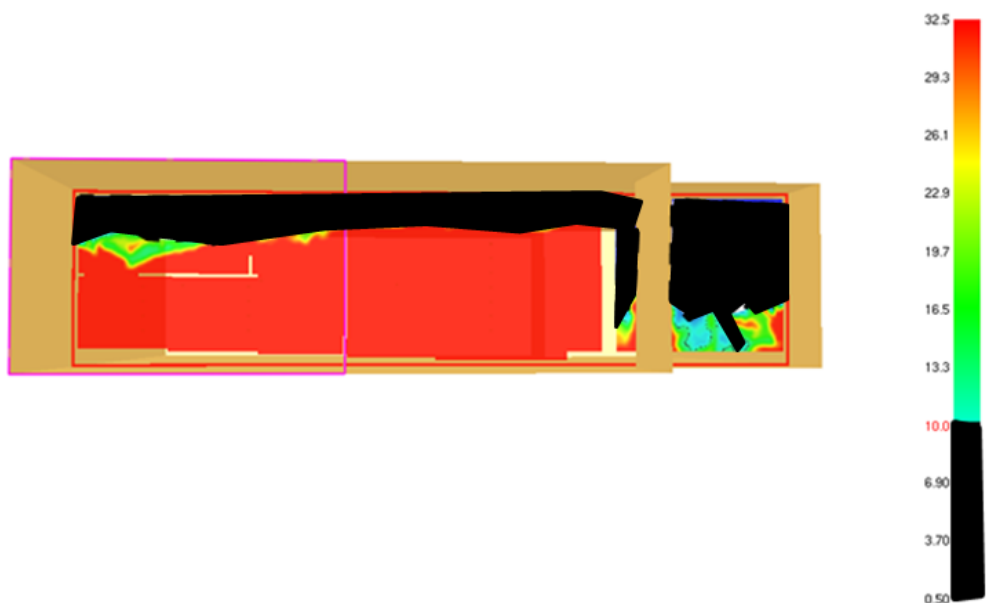
C.3.2 Siktbarhet 2 meter ovan golv

I FDS beräknas siktförhållandena för kongresshallen. Ljusfaktorn C, som tar hänsyn till vad sikten beräknas mot sätts till 3 eftersom utrymningsskyltarna inte är genomlysta, se Bilaga G.

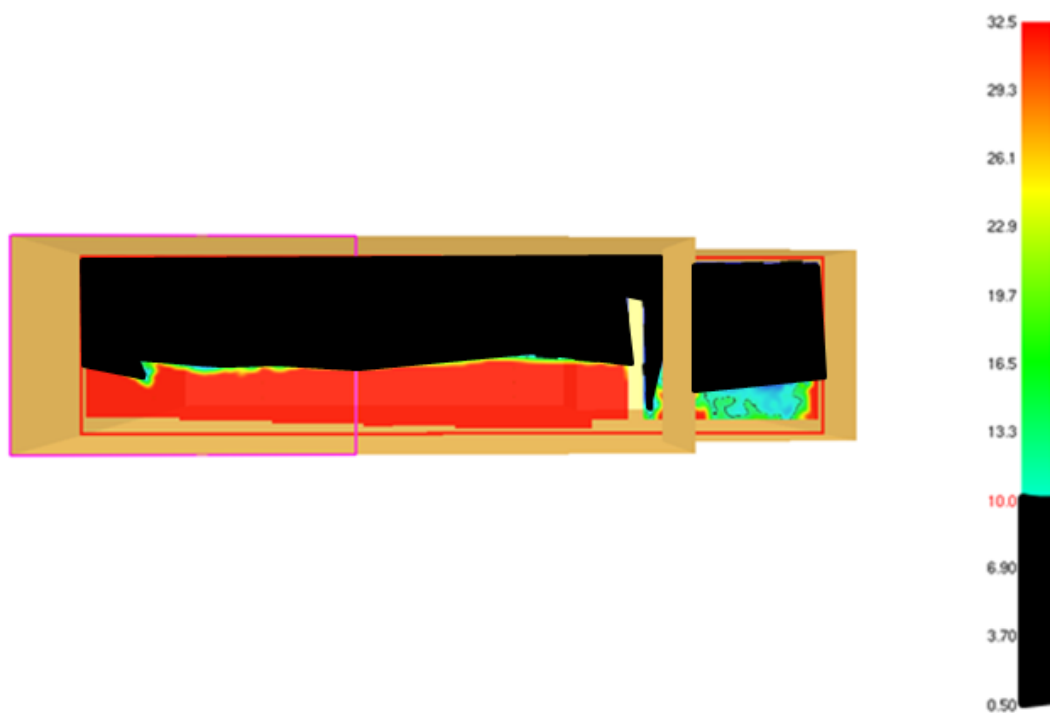
Tid till kritisk siktbarhet för läktardelen simulerades till att vara 140 sekunder.



Figur C7. Brandgaslagerhöjd i kongresshallen.



Figur C8. Tid till kritisk siktbarhet på läktare, 140 sekunder, områden med kritisk siktbarhet är markerat i svart. Bilden visar kongresshallen sedd från sidan.



Figur C9. Tid till kritisk siktbarhet på golvnivå, 250 sekunder. Områden med kritisk siktbarhet är markerat i svart. Bilden visar kongresshallen sedd från sidan.

Tid till kritisk siktbarhet för åskådarna på golvnivå simulerades vara 250 sekunder. En jämförelse mellan simuleringarna i CFAST och FDS redovisas i tabell C6 och C7.

Tabell C6. Tid till kritiska förhållanden, läktare.

Kriterium - Läktare	Tid till kritiskt förhållande, CFAST [s]	Tid till kritiskt förhållande, FDS [s]
1. Brandgaslagret	90	120
2. Siktbarhet	-	140
3. Värmestrålning/Värmedos	-	-
4. Temperatur	Når inte kritiskt förhållande	Når inte kritiskt förhållande

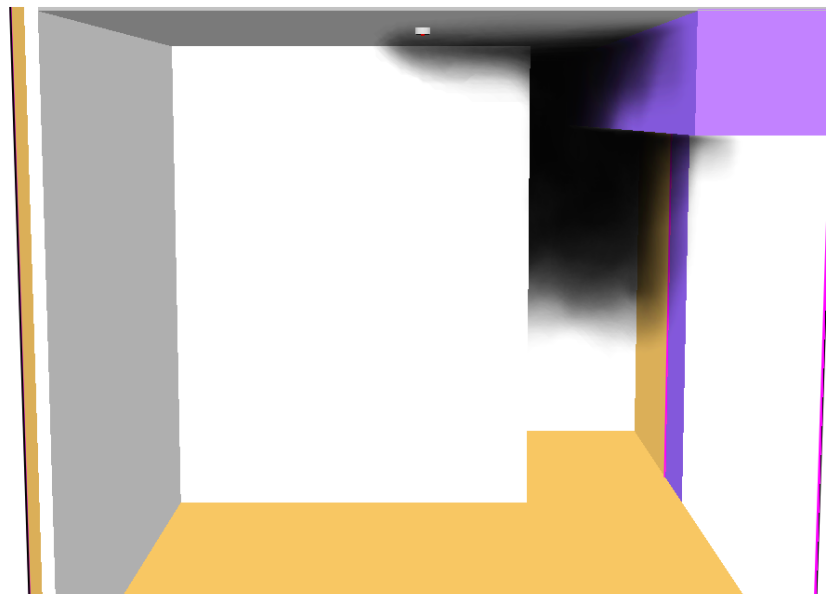
Tabell C7. Tid till kritiska förhållanden, golvnivå.

Kriterium - Golvnivå	Tid till kritiskt förhållande, CFAST [s]	Tid till kritiskt förhållande, FDS [s]
1. Brandgaslagret	325	270
2. Siktbarhet	-	250
3. Värmestrålning/Värmedos	-	-
4. Temperatur	Når inte kritiskt förhållande	Når inte kritiskt förhållande

C.4 Detektoraktivering

För att fastställa vid vilken tid rökdetektorerna aktiverar i kongresshallen görs en delsimulering med FDS. I simulering är detektorn placerad i taket, mitt på scenen.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 206
Time: 30.9

Figur C10. Detektorn i kongresshallen aktiverar efter 31 sekunder.

Efter cirka 30 sekunder aktiverar detektorn. Dock har inga uppgifter om de olika detektorernas placering eller vilken detektortyp tagits fram under objektsbesöket. Denna information krävs för att säkerställa en korrekt aktiveringstid. Därför anses detektoraktiveringen på 30 sekunder vara ett riktvärde för en vidare fördelning på aktiveringstider. För att vara konservativa används intervallet i tabell C8 med ett medelvärde på 40 sekunder. Detektortypen som användes i FDS-simuleringen är en standardtyp som används i NIST, FDS User guide (McGrattan et al, 2010).

Tabell C8. Intervall över aktiveringstider i kongresshallen.

Triangelfördelning	Aktiveringstid [s]
Min	20
Topp	40
Max	60

Aktiveringstiden för rökdetektion togs även fram med hjälp av DetactT2, se tabell C9 nedan.

Tabell C9. Aktiveringstid i kongresshallen framtaget med DetactT2

Kongresshall Rökdetektor	
Omgivningstemperatur [°C]	20
RTI-värde	-
Detektor aktiveringstemperatur [°C]	33
Rummets höjd [m]	5,5
Horisontellt avstånd till detektor [m]	7
Brandens tillväxthastighet [kW/s ²]	0,047
Tid till aktivering [min]	1,16

Bilaga D

I denna bilaga kontrolleras effektutvecklingskurvornas rimlighet med avseende på brandbelastningen.

D.1 Kontroll av brandbelastning

För att göra en bedömning om ovanstående effektutvecklingskurvor kan anses vara representativa för respektive scenario måste en uppskattning göras av brandbelastningen i lokalerna. Med sprinkleraktivering förväntas inte effekten uppgå i mer än 3 respektive 2 MW, men frågan är om det finns tillräckligt med bränsle i utrymmena för att brandscenerierna ska fortlöpa enligt föregående bilagor.

Genom att integrera effektutvecklingskurvorna i figur B3 och C3 med avseende på tid, i ett intervall från 0 till 900 sekunder kan den totala mängden frigjord energi beräknas och presenteras i tabell D1.

Tabell D1. Beräknad mängd frigjord energi för respektive scenario.

Mässhallen	1080000 kJ
Kongresshallen	723000 kJ

Då den totala mängden frigjord energi är beräknad, kan erfordrad massa bränsle räknas fram med ekvation D1 nedan, genom att ansätta värden för förbränningseffektivitet och förbränningsentalpi.

$$Q = m \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad \text{Ekvation D1}$$

Där

Q = total mängd frigjord energi [kJ]

m = total massa bränsle [kg]

χ = förbränningseffektivitet (ansätts till 70 %) [-]

ΔH_c = förbränningsentalpi (för polyuretanskumblandningen: 18100) [kJ/kg]

Med ovanstående indata beräknas minsta erfordrade massa polyuretanskumblandning för att effektutvecklingskurvorna ska vara giltiga enligt tabell D2 nedan.

Tabell D2. Beräknad minsta erfordrade massa bränsle för att effektutvecklingskurvorna ska kunna anses vara representativa för de respektive scenarierna.

Mässhallen	85 kg
Kongresshallen	57 kg

Att jämföra allt material med en polyuretanskumskomposit och ansätta förbränningsentalpin till 18100 kJ/kg för den totala brandbelastningen i lokalerna är givetvis en grov förenkling och görs endast för att få en ungefärlig uppfattning om rimligheten i de antagna effektutvecklingskurvorna. Observera att rent polyuretan/polyuretanskum generellt sett har en förbränningsentalpi mellan 20000 - 40000 kJ/kg, men att det i detta avseende är rimligare att ansätta en lägre förbränningsentalpi för att inte överskatta brandbelastningens energiinnehåll. Ingen kännedom innehas heller om hur förbränningseffektiviteten påverkas av syretillgången, framförallt i kongresshallen. Beräkningarna förutsätter också att allt material förbrukas helt, vilket inte heller är troligt eftersom det material som blötläggs av sprinklern blir mer svårantändligt. Resultatet av beräkningarna visar dock på att det inte krävs några stora

mängder bränsle för att åstadkomma de antagna effektutvecklingarna. Jämförelsevis väger en stoppad fåtölj, motsvarande de i brandscenario 2, mellan 25-50 kg. Således bedöms effektutvecklingskurvornas rimlighet vara godtagbar. Detta argument kan även underbyggas av jämförelser med de effektutvecklingskurvor som tagits fram vid fullskaleförsök, på brand i stoppade möbler, i bland annat Initial Fires (Särdqvist, 1993).

Bilaga E

I denna bilaga redovisas strålningsberäkningarna gjorda för brandscenariot i mässhallen.

E.1 Teori

I detta avsnitt redovisas de ekvationer som används i strålningsberäkningarna.

Ekvation för beräkning av flamhöjd:

$$L = 0,235 * \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1,02 * L1 * 2 \quad \text{Ekvation E1}$$

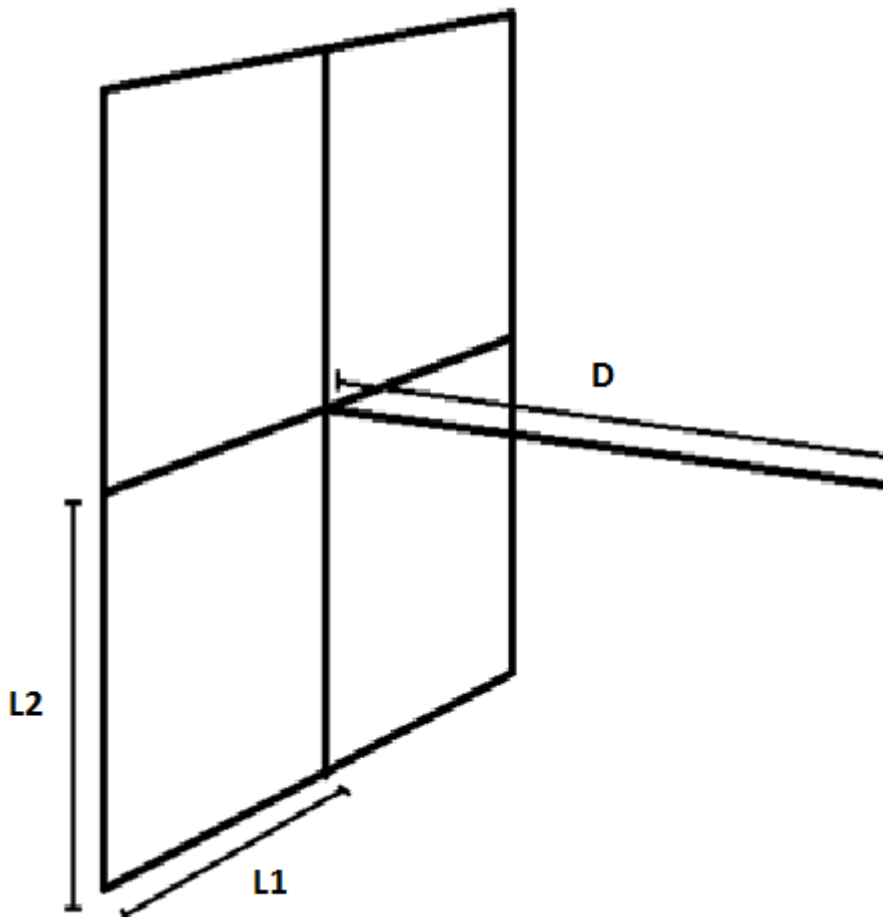
Där

L = flamhöjden [m]

\dot{Q} = brandens effekt [kW]

D = flammans diameter [m]

I ekvation E1 är ” $L1*2$ ” lika med flammans diameter. Beräkning av synfaktor görs genom beräkning av S och α , se ekvationerna E2 och E3. Interpolation i Tabell 2.8 i An Introduction To Fire Dynamics ger rätt synfaktor (Drysdale, 2011).



Figur E1. Bild som beskriver antaganden i strålningsberäkningarna.

$$S = \frac{L1}{L2}$$

Ekvation E2

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} \quad \text{Ekvation E3}$$

Där

L_1 = längden på rektangelns kortaste sida [m] (hälften av den framräknade diametern)

L_2 = längden på rektangelns längsta sida [m]

D = avståndet från objektet till flammans centrum [m]

Total strålningsintensitet beräknas med ekvation E4 nedan.

$$\dot{q}'' = \varepsilon * \sigma * T_{flamma}^4 * \Phi \quad \text{Ekvation E4}$$

Där

\dot{q}'' = infallande strålningseffekt [kW/m²]

ε = emissivitet [-]

T_{flamma} = flamtemperatur [°K]

σ = Stefan-Boltzmanns konstant ($\sigma = 5,67 * 10^{-8}$) [W/(m²K)]

Φ = synfaktor [-]

E.2 Beräkningar

Beräkningar på strålningen från flammen görs här för att undersöka om det uppstår kritiska förhållanden vid gången ut mot toaletterna så att utrymning försvåras, se översiktskarta över mässhallen i figur 9.1. Avståndet från branden till gången och utrymningsdörren ut mot toaletterna i mässhallen är 8 meter.

Först beräknas flamhöjden med hjälp av Heskestads plymekvation, ekvation E1.

$$L = 0,235 * 3000^{2/5} - 1,02 * 2 = 3,74 \text{ m}$$

Beräkning av synfaktorn görs enligt ekvationerna E2 och E3. Indata och resultat för synfaktorn redovisas i tabell E1 och E2 nedan.

Tabell E1. Ingående parametrar för S och α .

Variabel	Längd [m]
L_1	1
$L_2 = L/2$	1,86
D	8

Tabell E2. Utgående värden för beräkning av S och α .

Variabel	Värde [-]
S	0,535
α	0,029

Synfaktorn interpoleras fram ur Tabell 2.8 i An Introduction To Fire Dynamics till 0,009 (Drysdale, 2011). Eftersom detta enbart är synfaktorn för 1/4 av flammen multipliceras den med 4 för att räkna med hela flammen.

$$\Phi = 0,009 * 4 = 0,036$$

Infallande strålningsintensitet beräknas med ekvation E4 och värden ur tabell E3 nedan.

Tabell E3. Ingående parametrar för beräkning av strålningsintensitet (Drysdale, 2011).

	Förkortning	Värde	Enhet
Emissivitet	ϵ	0,7	-
Flamtemperatur	T_{flamma}	1073	K
Stefan-Boltzmann	σ	$5,67 * 10^{-8}$	[W/(m ² K)]
Synfaktor	ϕ	0,036	-

Den infallande strålningsintensiteten på avståndet 8 meter från flammen beräknas till 1,9kW/m².

E.3 Slutsats

Den kritiska strålningsintensiteten för en person under en längre tid är 2,5kW/m². Eftersom det tar tid innan maxeffekt uppstår på branden och de flesta personer i lokalen har rört sig bort från branden vid den tiden dras slutsatsen att kritiska förhållanden på grund av värmestrålning inte uppstår i mässhallen. Ytterligare ett argument för denna slutsats är att en del konservativa antaganden för beräkningarna har gjorts samt att personerna, om de tvingas befinna sig under kritiska strålningsnivåer, endast kommer göra detta under en kort tid.

Bilaga F

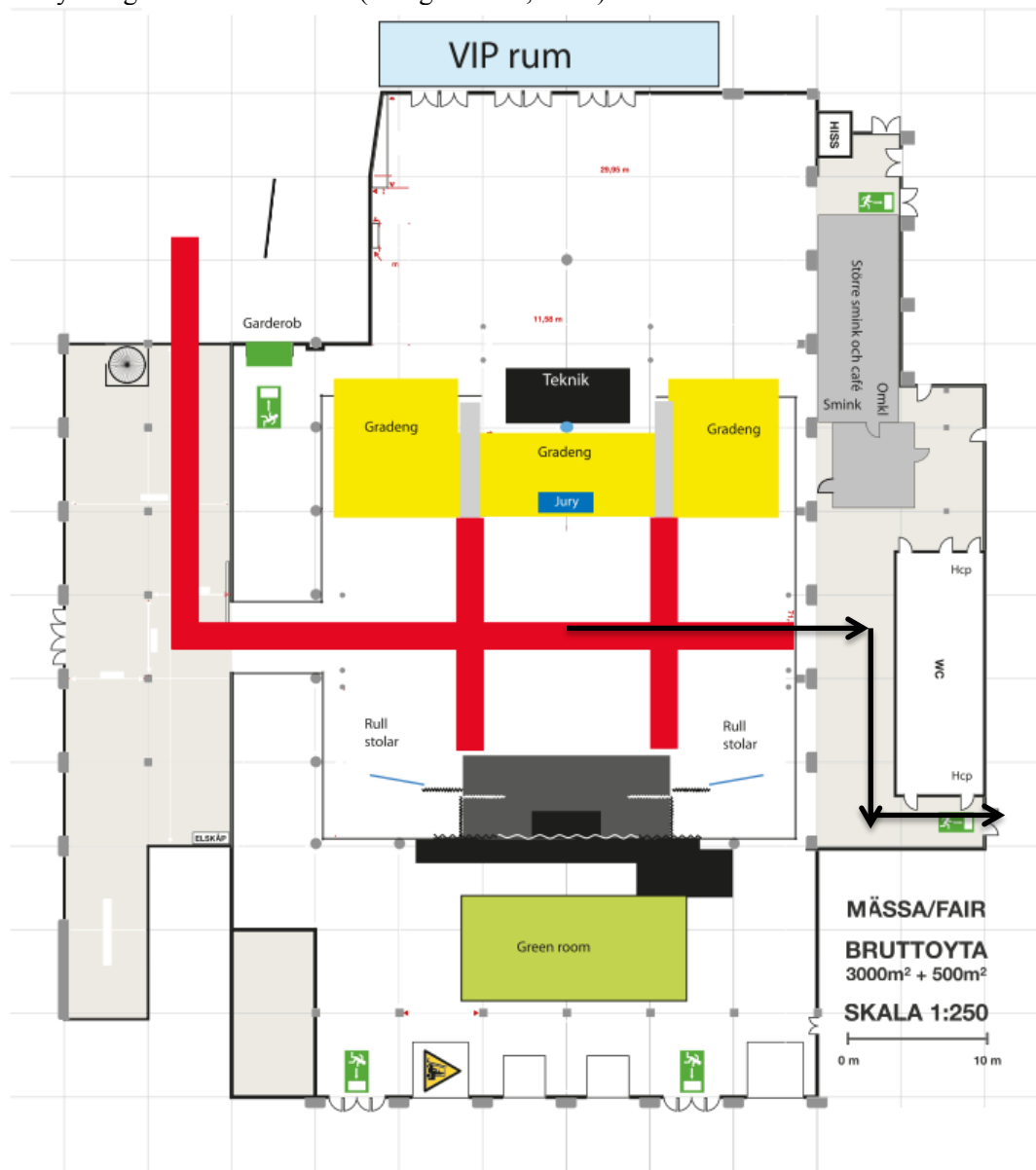
I denna bilaga analyseras vissa delar av Scandic Infra Citys lokaler med avseende på förenklad dimensionering. Avgränsningar har gjorts i form av att endast granska maximalt gångavstånd och total bredd av utrymningsvägar.

F.1 Mässhallen

Nedan redovisas beräkningar för den förenklade dimensioneringen av mässhallen.

F.1.1 Maximalt gångavstånd

I det mest ogynnsamma fallet befinner sig personen mitt i lokalen, se figur F1 nedan. Här ses även att den kortaste sträckan är ut till en annan brandcell, se nedre högra hörnet i figur F1. I och med att mässhallen har ett automatiskt sprinklersystem är den maximalt tillåtna förflyttningsträckan 40 meter (Almgren et al, 2012).



Figur F1. Översiktsbild av mässhallen under Upplands Väsby melodifestival.

Nedan beräknas maximalt gångavstånd till närmsta utrymningsväg i mässhallen.

$$22 + 13 + 9 = 44 > 40, \mathbf{EJ OK}$$

Då sträckan för utrymning är mer än 40 meter uppfyller mässhallen inte kraven på maximalt gångavstånd.

F.1.2 Utrymningsvägens bredd

Nedan beräknas olika utrymningsvägars bredd. Först tas minsta totala dörrbredd fram:

$$\text{Minsta totala dörrbredd} = \frac{1800 \text{ pers}}{150 \text{ pers/m}} = 12 \text{ meter}$$

Sedan beräknas mässhallens totala dörrbredd:

$$\text{Total dörrbredd (utan huvudingång)} = 4 + 4 + 2,5 + 2 + 2,5 = 12,5 \text{ meter}$$

Den totala dörrbredden är en halvmeter bredare än minsta tillåtna dörrbredd, vilket innebär att mässhallen klarar kraven på utrymningsvägarnas bredd. Dock är säkerhetsmarginalen liten varvid beräkningar även görs nedan i fallet då även den stora skjutdörr som finns i mässhallen används som utrymningsdörr. Denna utrymningsdörr används vid en del evenemang, trots att den inte är klassad som en utrymningsdörr.

$$\text{Total dörrbredd (med skjutdörr)} = 5 + 4 + 4 + 2,5 + 2 + 2,5 = 17,5 \text{ meter}$$

Säkerhetsmarginalen är nu betydligt större, 5,5 meter. Det totala personantalet som får vistas i mässhallen beräknas och redovisas nedan.

$$\begin{aligned} &\text{Om den bredaste nödutgången blockeras (utan huvudingång):} \\ &= (4 + 2,5 + 2 + 2,5) \cdot 300 = 3300 > 1800, \mathbf{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Om den bredaste nödutgången blockeras (med huvudingång):} \\ &= (4 + 4 + 2,5 + 2 + 2,5) \cdot 300 = 4500 \gg 1800, \mathbf{OK} \end{aligned}$$

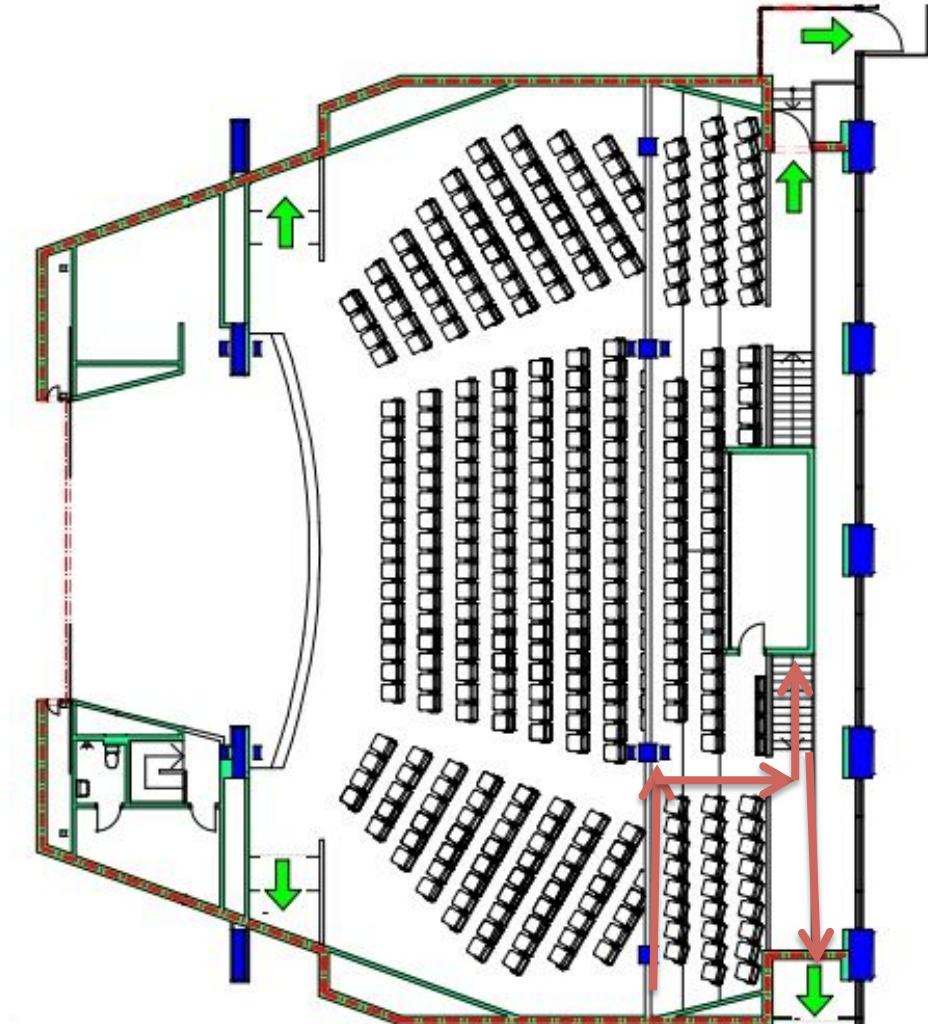
I båda fallen är säkerhetsmarginalen god med avseende på dörrbredd.

F.2 Kongresshallen

Nedan redovisas beräkningar för den förenklade dimensioneringen i kongresshallen.

F.2.1 Maximalt gångavståndet

Det mest ogynnsamma fallet resulterar i längsta utrymningsväg enligt figur F2 nedan. Eftersom lokalen har ett automatiskt sprinklersystem är den maximalt tillåtna förflyttningssträckan 40 meter (Almgren et al, 2012).



Figur F2. Översiktbild över kongresshallen.

Nedan beräknas maximalt gångavstånd till närmsta utrymningsväg i kongresshallen. Då det sker en förflyttning av två meter i höjdlid beräknas detta enligt de allmänna råden som säger att sträckan där förflyttningen i höjdlid sker, multipliceras med en faktor två (Almgren et al, 2012).

$$7 + 4,5 + 2 * 4 + 7 = 26,5 < 40, \text{OK}$$

Därmed klarar kongresshallen kravet för maximalt gångavstånd.

F.2.2 Utrymningsvägens bredd

Nedan beräknas utrymningsvägarnas bredd. Först tas minsta totala dörrbredd fram:

$$\text{Minsta tillåtna, totala dörrbredd} = \frac{484 \text{ pers}}{150 \text{ pers/m}} = 3,2 \text{ meter}$$

Sedan beräknas mässhallens totala dörrbredd:

$$\text{Total dörrbredd} = 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 + 1,8 = 9 \text{ meter}$$

Vid jämförelse mellan total dörrbredd i kongresshallen och minsta totala dörrbredd är det tydligt att utrymningsdörrarna är nästan tre gånger så breda som minsta tillåtna bredd.

Bilaga G

I denna bilaga beskrivs teori bakom de simuleringsprogram som använts i rapporten.

G.1 CFAST

CFAST står för ”Consolidate model of fire growth and smoke transport” och används för simulering av rumsbränder. Från början konstruerades programmet för att simulera bränder i boendemiljöer och är därför anpassat för denna typ av geometrier. CFAST är en förenkling av verkligheten vilket gör att det enbart kan appliceras i vissa fall. Ur programmet kan en mängd olika utdata genereras så som strålning, brandgaslagrets höjd, temperatur, toxicitet och sikt. CFAST utgår från en så kallad 2-zonsmodell där utrymmena delas upp i en eller flera zoner. Zonerna består av bland annat övre- och undre lagret, plymen, ceiling jet, väggar, tak samt föremål så som brandkällan etcetera (Johansson, 2010).

G.1.1 Antaganden

I CFAST finns en mängd antaganden som måste tas i beaktande vid simulering. Några utav antagandena beskrivs nedan.

- Alltid enkel geometri i enkla boxar.
- Ingen eller liten blandning mellan lagren.
- Välblandat i båda lagren.
- Förbränning i det övre lagret tillåts ibland inte.
- Lokala effekter ignoreras ofta.
- Inte verifierat för fler än 3-6 rum.

Det finns en mängd kritiska variabler som avgör om CFAST får användas eller inte. Några kritiska variabler är golvytan, takhöjden och effektutvecklingen. Dessa geometriska begränsningar redovisas i figur G1. En annan variabel som är viktig är att flödet i byggnaden måste bero på branden vilket innebär att stora ventilationsflöden inte får förekomma. Branden förenklas där hänsyn tas till massavbrinring, avgiven energi och höjden på rummet. Branden fortsätter även att brinna så länge det finns syre och i brandplymen beräknas allt bränsle brinna upp.

Förhållande	Acceptabelt	Speciell hänsyn	Andra algoritmer behövs (ex. korridor och schakt)
Max (L / W)	$L / W < 3$	$3 < L / W < 5$	$L / W > 5$
Max (L / H)	$L / H < 3$	$3 < L / H < 6$	$L / H > 6$
Min (W / H)	$W / H > 0,4$	$0,2 < W / H < 0,4$	$W / H < 0,2$
\dot{Q}	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \sqrt{H}$	-	$\dot{Q}''' \leq 1000$

Figur G1. Geometribegränsningar i CFAST (enheter i m och kW) (Johansson, 2010).

Några fördelar med CFAST är att det går relativt snabbt att få fram ett bra svar, lätt att tolka utdata, lätt att lära sig mjukvaran och det är lätt att ändra eller bygga ut en simuleringsmodell. Nackdelar är å andra sidan att programmet inte tar hänsyn till brandspridning, ökad effektutveckling på grund av förhållande i brandrummet, förhållande efter övertändning och rörelser i plymen på grund av luftflöden med mera.

Ytterligare för- och nackdelar, begränsningar och antaganden finns för CFAST men redovisas inte i denna bilaga. Vid användning av programmet bör inläsning på programmet göras för bästa möjliga resultat.

G.2 Simulex

I datorprogrammet Simulex simuleras utrymning av människor ut ur byggnader och liknande. Programmet bygger på CAD-ritningar där personer placeras ut som sedan ska utrymma till närmaste eller förinställd utrymningsväg.

För varje person kan egenskaper så som storlek, gånghastighet och vilken utgång de ska välja ställas in så att de vid en simulering rör sig på olika sätt och väljer olika utrymningsvägar.

Simulex bygger på en så kallad partikelmodell där varje människa är försedda med koordinater som beskriver deras position i byggnaden (Nilsson, D. 2007). De andra modeller som finns är rutnät- och partikelmodeller, vilka inte beskrivs närmare här. Partikelmodeller är den mest realistiska beskrivningen av personers förflyttning. Avståndet mellan personer kan enkelt uppskattas eftersom avståndet är en funktion av persontätheten. Avståndet mellan personer kan sedan utnyttjas för gånghastigheter och flöden vid dörrar och liknande i simuleringarna.

Ett flertal för- och nackdelar finns för respektive modelltyp. Nedan beskrivs några för- och nackdelar för partikelmodellen Simulex.

Fördelar

- + Kräver få antaganden
- + Personer kan röra sig fritt i byggnaden
- + Lätt att importera CAD-ritningar
- + Utvecklingsmöjligheter

Nackdelar

- Rotationshastighet samt passager runt hörn kan orsaka problem
- Kräver att programmet är ordentligt verifierat
- Kan uppstå konflikter mellan utrymmande personer

(Eriksson, 2008)

G.3 FDS

Nedan beskrivs datorsimuleringsprogrammet FDS.

G.3.1 Generellt

FDS är en så kallad CFD-modell, (Computational Fluid Dynamics). CFD bygger på en princip som innebär att en volym och då även beräkningsdomänen delas upp i ett stort antal kontrollvolymerna där förenklade flödesekvationer, så kallade Navier-Stokes ekvationer löses. FDS kan med fördel användas för att simulera rök- och effektutveckling i större lokaler med komplexa geometrier, där tvåzonsmodeller som CFAST ibland är otillräckliga. Programmet skall dock, precis som andra simuleringsprogram som är approximationer av verkligheten, användas med förnuft. Vid användning av CFD-modeller är det grundläggande att känna till de antaganden och förenklingar programmet har för att kunna diskutera, resonera och få fram ett rimligt resultat.

För lokalernas geometri finns hjälpmedel så som Pyrosim som underlättar uppbyggnaden. Det finns även möjlighet att se resultatet av simuleringen visuellt i tillägsprogrammet Smokeview.

G.3.2 Rutnät

FDS är uppbyggt så att dess totala beräkningsvolym är uppdelat i ett stort antal celler, även kallade grids. För varje enskild cell löses flödesekvationerna var för sig varefter information förs vidare till intilliggande celler. Alla celler är i normalfallet lika stora rektanglar eller kuber. Dess geometrier går delvis att ändra på vid behov, då genom att förlänga eller förkorta någon eller några sidor på rektanglarna i rutnätet. Ju mindre celler simuleringen har desto noggrannare blir resultatet. Att ha mindre celler innebär dock att simuleringen kräver betydligt mer datorkapacitet, det vill säga kommer ta längre tid att simulera. Ett användbart sätt variera cellstorleken är att använda flera olika nät, så kallade mesher. Detta gör att celler i och runt till exempel branden, där det är viktigare med hög noggrannhet kan göras mindre än omgivande celler.

G.3.3 Förbränningsmodell

Den förbränningsmodell som används i FDS förenklar förbränningen till att allt bränsle som kommer i direktkontakt med syre förbränns momentant. Därför kan inte bränsle och syre befinna sig i samma grid samt att förbränning bara sker på gränsen mellan två grider. Den energi som frigörs beräknas enbart från mängden förbrukat syre och antas till 13,1 MJ/kg, vilket stämmer väl överens med de flesta kolväten. En begränsning med FDS är att dess förbränningsmodell inte klarar av underventilerade förhållanden. Dock finns det funktioner i programmet som tar hänsyn till detta (Dittmer & Jämtäng, 2006).

G.3.4 Strålningsmodell

I FDS används en strålningsmodell som löses genom en så kallad Finite Volume Method (FVM). I denna metod finns ett antagande att ingen brytning sker i de celler strålningen passerar igenom. Strålningen kan enbart passera rakt igenom cellen eller absorberas av grå gas.

Strålningsberäkningarna i denna analys beräknas inte med FDS då dessa kräver stor datorkapacitet. På grund av detta görs ingen vidare beskrivning av teorin bakom strålningsmodellen i FDS.

G.3.5 Omgivande värden

Utdata och de resultat som simuleringarna i FDS ger är beroende av hur definitionen av beräkningsvolymens omgivning sker. Omgivningen är till exempel väggar, tak, golv, omgivande luft etcetera. Andra värden som påverkar simuleringen är fluiders rörelse och hur brandkällan definieras.

G.3.6 Sikt

I FDS kan sikten beräknas och bygger på ekvationerna G1 och G2 (McGrattan et al, 2010).

$$D_L = -\frac{1}{L} \cdot \ln \left(1 - \left(\frac{\text{path obscuration}}{100} \right) \right) \quad \text{Ekvation G1}$$

Där

D_L = optisk densitet per meter [Ob/m]

L = längd [m]

path obscuration = fördunkling [-]

$$\frac{C}{D_L} = \text{siktbarhet} \quad \text{Ekvation G2}$$

Där

C = ljuskonstant [-]

D_L = optisk densitet per meter [Ob/m]

Ljuskonstanten är faktorn som tar hänsyn till vad sikten beräknas mot. Om beräkningen sker mot en genomlyst skylt krävs en större optisk täthet för att minska siktbarheten i jämförelse med en icke-genomlyst skylt. Genomlysta skyltar får därför faktorn 8 och vanliga skyltar faktorn 3 (McGrattan et al, 2010).

Eftersom det inte finns några genomlysta skyltar sätts C-faktorn till 3 för simuleringar i kongresshallen. I mässhallen finns visserligen genomlysta skyltar, men dessa blockeras av tygdraperier, därför sätts C-faktorn till 3 i mässhallen.

Eftersom standardvärdet för C-faktorn i FDS är 3 behöver ingen specificering för C-faktorn i indatafilen göras.

G.4 Detact

Nedan beskrivs datorprogrammet Detact T2.

G.4.1 Generellt

Detact T2 är ett program som används vid beräkningen av aktiveringstiden för anordningar placerade under tak vilka aktiveras av termisk påverkan, till exempel sprinkler. Programmet bygger på ekvationer som beskriver den takstråle som bildas när brandgasplymen når taket, alltså den temperatur och hastighet som brandgaser har när de färdas vertikalt från brandgasplymen vid taket.

Begränsningar i Detact T2 är följande:

- Ekvationerna bygger på att det inte finns några hinder i taket som till exempel takbalkar. I mässhallen finns det betongbalkar vilka skulle kunna påverka brandgasernas spridning. Men då branden är satt mitt emellan dessa balkar kommer inte brandgaserna att hindras.
- Ekvationerna tar ingen hänsyn för transporttid för brandgaserna att färdas från flammorna till taket.
- Ekvationerna som Detact T2 baseras på är framtagna för konstanta effekter, när effektutvecklingar med α - t^2 appliceras kommer aktiveringstiden att överskattas.

(Holmstedt, 2008)

G.4.2 Rökdetektion

Det finns en korrelation mellan temperatur och optisk densitet i brandgaserna som kan utnyttjas i DetactT2 för att approximera en rökdetektors aktiveringstid. Temperaturskillnaden mellan den omkringliggande luften och brandgaserna har med experiment visat sig ligga kring 13°C när rökdetektorer aktiveras. Eftersom en rökdetektor inte har något med termisk tröghet att göra sätts RTI-värdet i indatafilen till noll (Holmstedt, 2008).

G5. @risk

Programmet @risk används vid utförandet av riskanalyser samt vid känslighetsanalyser av indata och är en tilläggsmodul till Microsoft Excel. I programmet utförs riskanalyser med hjälp av Monte Carlo simuleringar vilket innebär att programmet utför ett förinställt antal beräkningar. Varje gång en beräkning genomförs använder programmet olika kombinationer av slumpmässigt utvalda värden utifrån av användaren förinställda sannolikhetsfördelningar. Beräkningar med en Monte Carlo-simulering resulterar i ett intervall av sannolikheter för att dessa ska ske samt möjliga resultat.

Resultat från beräkningar kan presenteras bland annat i histogram där information så som medelvärde, min- och maxvärden samt standardavvikelse kan avläsas. En känslighetsanalys presenterat i till exempel ett tornodiagram kan även utföras med en Monte Carlo-simulering. I känslighetsanalysen identifieras de parametrar i indata vilka har störst påverkan på slutresultatet. Genom att information om vilken parameter som påverkar osäkerheten mest tas fram kan osäkerheterna identifieras och reduceras.

(Palisade Corporation, 2008)

Bilaga H

Nedan redovisas indatafilen som användes för FDS-simuleringarna.

H.1 Indatafil FDS – Mässhall

Nedan följer indatafilen för FDS-simuleringen i mässhallen med vissa kortfattade förklaringar.

```
&TIME T_END=600/
```

```
-----Meshes-----
```

I den första simuleringen användes följande mesher (justeringar gällande objektets geometrier genomfördes också).

```
&MESH ID='MESH', IJK=294,134,32, XB=-1.0,72.5,9.5,43.0,-1.0,7.0/
&MESH ID='MESH02', IJK=112,21,16, XB=16.5,72.5,-1.0,9.5,-1.0,7.0/
```

I verifieringssimuleringen användes följande mesher.

```
&MESH ID='Brand', FYI='Brand', IJK=50,50,74, XB=45.0,50.0,30.0,35.0,-0.4,7.0
MPI_process=0/
&MESH ID='MESH01', IJK=63,182,37, XB=59.4,72.0,5.6,42.0,-0.4,7.0 MPI_process=1/
&MESH ID='MESH02', IJK=212,52,37, XB=17.0,59.4,-0.4,10.0,-0.4,7.0 MPI_process=2/
&MESH ID='MESH03', IJK=147,160,37, XB=-0.4,29.0,10.0,42.0,-0.4,7.0 MPI_process=3/
&MESH ID='MESH05', IJK=47,160,37, XB=50.0,59.4,10.0,42.0,-0.4,7.0 MPI_process=4/
&MESH ID='MESH06', IJK=105,100,37, XB=29.0,50.0,10.0,30.0,-0.4,7.0 MPI_process=5/
&MESH ID='MESH07', IJK=80,60,37, XB=29.0,45.0,30.0,42.0,-0.4,7.0 MPI_process=6/
&MESH ID='MESH08', IJK=25,35,37, XB=45.0,50.0,35.0,42.0,-0.4,7.0 MPI_process=7/
```

```
-----Vents med tillhörande Holes-----
```

```
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=36.0,41.0,-0.4,-0.4,0.0,2.4/ Vent
&HOLE XB=36.0,41.0,-0.2,0.0,0.0,2.4/ Hole
```

```
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=35.0,50.0,42.0,42.0,0.0,2.6/ Vent
&HOLE XB=35.0,50.0,41.6,41.8,0.0,2.6/ Hole
```

```
-----Materiallegenskaper-----
```

```
&MATL ID='Concrete',
SPECIFIC_HEAT=0.88,
CONDUCTIVITY=1.37,
DENSITY=2100.0/
```

```
&MATL ID='Wood',
SPECIFIC_HEAT=2.4,
CONDUCTIVITY=0.166,
DENSITY=540.0/
```

```
&MATL ID='Glass',
SPECIFIC_HEAT=0.84,
CONDUCTIVITY=0.78,
DENSITY=2700.0/
```

```
&SURF ID='Concretel',
MATL_ID(1,1)='Concrete',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.1/
```

```
&SURF ID='Glass1',
MATL_ID(1,1)='Glass',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.1/
```

```
&SURF ID='Wood1',
MATL_ID(1,1)='Wood',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.1/
```

-----Rummets geometri-----

Väggar golv och tak

```
&OBST XB=-0.2,71.6,41.6,41.8,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 1
&OBST XB=-0.2,0.0,10.6,41.6,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Glass1'/ Vagg 2
&OBST XB=-0.2,17.4,10.4,10.6,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 3
&OBST XB=17.2,17.4,0.0,10.4,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 4
&OBST XB=17.2,59.2,-0.2,0.0,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 5
&OBST XB=59.0,59.2,0.0,6.0,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 6
&OBST XB=59.0,71.6,5.8,6.0,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 7
&OBST XB=71.6,71.8,5.8,41.8,0.0,6.6, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Vagg 8
&OBST XB=0.0,71.6,10.4,41.6,-0.2,0.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Golv 1
&OBST XB=17.4,59.0,0.0,10.4,-0.2,0.0, COLOR='WHITE', SURF_ID='Concretel'/ Golv 2
&OBST XB=59.0,71.6,6.0,10.4,-0.2,0.0, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concretel'/ Golv 3
&OBST XB=17.6,18.0,0.0,41.6,5.4,6.6, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concretel'/ Takbalk
&OBST XB=30.0,30.4,0.0,41.6,5.4,6.6, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concretel'/ Takbalk 1
&OBST XB=41.6,42.0,0.0,41.6,5.4,6.6, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concretel'/ Takbalk 2
&OBST XB=53.4,53.8,0.0,41.6,5.4,6.6, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concretel'/ Takbalk 3
&OBST XB=65.6,66.0,6.0,41.6,5.4,6.6, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concretel'/ Takbalk 4
&OBST XB=5.4,5.8,10.6,41.6,5.4,6.6, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concretel'/ Takbalk 5
&OBST XB=-0.2,72.0,-0.2,41.8,6.6,6.8, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Concretel'/ Tak
```

Draperier och scen

```
&OBST XB=46.0,53.0,17.0,29.8,0.0,1.0, SURF_ID='INERT'/ Scen
&OBST XB=53.0,53.2,11.0,40.0,0.0,4.6, SURF_ID='INERT'/ Draperi
&OBST XB=21.0,53.0,39.8,40.0,0.0,4.4, SURF_ID='INERT'/ Draperi 1
&OBST XB=21.0,21.2,11.0,40.0,0.0,4.6, SURF_ID='INERT'/ Draperi 2
&OBST XB=21.0,36.0,11.0,11.2,0.0,4.4, SURF_ID='INERT'/ Draperi 3
&OBST XB=40.0,53.0,11.0,11.2,0.0,4.4, SURF_ID='INERT'/ Draperi 4
```

```
&HOLE XB=35.0,40.0,39.8,40.0,0.0,2.4/ Hole
&HOLE XB=36.0,41.0,-0.2,0.0,0.0,2.4/ Hole
```

-----Brand-----

```
&REAC ID = 'POLYURETHANE'
FYI = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'
SOOT_YIELD = 0.10
N = 1.0
C = 6.3
H = 7.1
O = 2.1 /
```

```
&SURF ID='fire', RAMP_Q='tsquared', HRRPUA=750.5, COLOR='RED' /
```

```
&OBST XB=49.0,51.0,32.0,34.0,0.0,0.5,SURF_IDS='fire','INERT'/
```

```
&RAMP ID='tsquared', T= 0.0, F=0.00 /
&RAMP ID='tsquared', T= 10.0, F=0.00 /
&RAMP ID='tsquared', T= 20.0, F=0.01 /
&RAMP ID='tsquared', T= 30.0, F=0.01 /
&RAMP ID='tsquared', T= 40.0, F=0.02 /
&RAMP ID='tsquared', T= 50.0, F=0.04 /
&RAMP ID='tsquared', T= 60.0, F=0.06 /
&RAMP ID='tsquared', T= 70.0, F=0.08 /
&RAMP ID='tsquared', T= 80.0, F=0.10 /
&RAMP ID='tsquared', T= 90.0, F=0.13 /
&RAMP ID='tsquared', T= 100.0, F=0.16 /
&RAMP ID='tsquared', T= 110.0, F=0.19 /
&RAMP ID='tsquared', T= 120.0, F=0.22 /
&RAMP ID='tsquared', T= 130.0, F=0.26 /
&RAMP ID='tsquared', T= 140.0, F=0.31 /
&RAMP ID='tsquared', T= 150.0, F=0.35 /
&RAMP ID='tsquared', T= 160.0, F=0.40 /
&RAMP ID='tsquared', T= 170.0, F=0.45 /
&RAMP ID='tsquared', T= 180.0, F=0.51 /
&RAMP ID='tsquared', T= 190.0, F=0.56 /
&RAMP ID='tsquared', T= 200.0, F=0.62 /
&RAMP ID='tsquared', T= 210.0, F=0.69 /
&RAMP ID='tsquared', T= 220.0, F=0.76 /
&RAMP ID='tsquared', T= 230.0, F=0.83 /
&RAMP ID='tsquared', T= 240.0, F=0.90 /
&RAMP ID='tsquared', T= 250.0, F=0.98 /
&RAMP ID='tsquared', T= 310.0, F=0.98 /
&RAMP ID='tsquared', T= 320.0, F=0.88 /
&RAMP ID='tsquared', T= 330.0, F=0.77 /
```


Brandteknisk riskvärdering av Scandic Infra City

&RAMP ID='tsquared', T= 340.0, F=0.66 /
&RAMP ID='tsquared', T= 350.0, F=0.55 /
&RAMP ID='tsquared', T= 360.0, F=0.98 /
&RAMP ID='tsquared', T= 370.0, F=0.33 /
&RAMP ID='tsquared', T= 900.0, F=0.33 /

-----Slicefiles-----

Temperatur

&SLCF PBX=30 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=43 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=41 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=45 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=37 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=30 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=22 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.8 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2.0 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2.2 QUANTITY='TEMPERATURE' /

Siktbarhet

&SLCF PBX=30 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY=30 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBZ=2.2 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBZ=2.0 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY=5.0 QUANTITY='VISIBILITY' /

-----Termoelement-----

&DEVC ID='A1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 1.8 /
&DEVC ID='A2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 2.4 /
&DEVC ID='A3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 3.0 /
&DEVC ID='A4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 3.6 /
&DEVC ID='A5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 4.2 /
&DEVC ID='A6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 4.8 /
&DEVC ID='A7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 5.4 /
&DEVC ID='A8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 30, 6.2 /

&DEVC ID='B1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 1.8 /
&DEVC ID='B2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 2.4 /
&DEVC ID='B3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 3.0 /
&DEVC ID='B4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 3.6 /
&DEVC ID='B5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 4.2 /
&DEVC ID='B6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 4.8 /
&DEVC ID='B7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 5.4 /
&DEVC ID='B8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 38, 6.2 /

&DEVC ID='C1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 1.8 /
&DEVC ID='C2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 2.4 /
&DEVC ID='C3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 3.0 /
&DEVC ID='C4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 3.6 /
&DEVC ID='C5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 4.2 /
&DEVC ID='C6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 4.8 /
&DEVC ID='C7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 5.4 /
&DEVC ID='C8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 37, 11, 6.2 /

&DEVC ID='D1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 1.8 /
&DEVC ID='D2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 2.4 /
&DEVC ID='D3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 3.0 /
&DEVC ID='D4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 3.6 /
&DEVC ID='D5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 4.2 /
&DEVC ID='D6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 4.8 /
&DEVC ID='D7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 5.4 /
&DEVC ID='D8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 41, 22, 6.2 /

-----Brandgaslagerhöjd-----

Botre draperiöppning

&DEVC XB=38,38, 38,38, 0.0, 6.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd' /
&DEVC XB=38, 38, 38, 38, 0.0, 6.5, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp' /
&DEVC XB=38, 38, 38, 38, 0.0, 6.5, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp' /

Nedre draperiöppning

```
&DEVC XB=38, 38, 11, 11, 0.0, 6.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd' /  
&DEVC XB=38, 38, 11, 11, 0.0, 6.5, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp' /  
&DEVC XB=38, 38, 11, 11, 0.0, 6.5, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp' /
```

Gång bland åskådare

```
&DEVC XB=25, 25, 24, 24, 0.0, 6.5, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd' /  
&DEVC XB=25, 25, 24, 24, 0.0, 6.5, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp' /  
&DEVC XB=25, 25, 24, 24, 0.0, 6.5, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp' /
```

&TAIL/

H.2 Indatafil FDS - Kongresshall

Nedan följer indatafilen för FDS-simuleringen i kongresshallen med vissa kortfattade förklaringar.

&TIME T_END=600.00/

-----Meshgränser-----

&MESH ID='MESH1', FYI='bottom left', IJK=102,60,59, XB=4.00,14.20,0.00,6.00,0.00,5.90 MPI_process=0/
 &MESH ID='MESH2', FYI='bottom right', IJK=102,60,59, XB=14.20,24.40,0.00,6.00,0.00,5.90 MPI_process=1/
 &MESH ID='MESH3', FYI='middle left', IJK=100,92,59, XB=-0.80,9.20,6.00,15.20,0.00,5.90 MPI_process=2/
 &MESH ID='MESH4', FYI='middle middle', IJK=100,92,59, XB=9.20,19.20,6.00,15.20,0.00,5.90 MPI_process=3/
 &MESH ID='MESH5', FYI='middle right', IJK=100,92,59, XB=19.20,29.20,6.00,15.20,0.00,5.90 MPI_process=4/
 &MESH ID='MESH6', FYI='top left', IJK=100,92,59, XB=-0.80,9.20,15.20,24.40,0.00,5.90 MPI_process=5/
 &MESH ID='MESH7', FYI='top middle', IJK=100,92,59, XB=9.20,19.20,15.20,24.40,0.00,5.90 MPI_process=6/
 &MESH ID='MESH8', FYI='top right', IJK=100,92,59, XB=19.20,29.20,15.20,24.40,0.00,5.90 MPI_process=7/

-----Vents-----

&VENT SURF_ID='OPEN',XB=-0.8,-0.8,15.2,24.4,0.0,5.9/
 &VENT SURF_ID='OPEN',XB=29.2,29.2,15.2,24.4,0.0,5.9/

-----Materialegenskaper-----

&MATL ID='Concrete',
 SPECIFIC_HEAT=0.88,
 CONDUCTIVITY=1.37,
 DENSITY=2100.0/

&MATL ID='Wood',
 SPECIFIC_HEAT=2.4,
 CONDUCTIVITY=0.166,
 DENSITY=540.0/

&MATL ID='Glass',
 SPECIFIC_HEAT=0.84,
 CONDUCTIVITY=0.78,
 DENSITY=2700.0/

&SURF ID='Concrete1',
 MATL_ID(1,1)='Concrete',
 MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
 THICKNESS(1)=0.1/

&SURF ID='Glass1',
 MATL_ID(1,1)='Glass',
 MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
 THICKNESS(1)=0.1/

&SURF ID='Wood1',
 MATL_ID(1,1)='Wood',
 MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
 THICKNESS(1)=0.1/

-----Rummets geometri-----

Väggar, golv och tak

&OBST XB=2.10,26.30,24.20,24.30,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='Concrete1'/ top wall
 &OBST XB=2.10,2.20,21.20,24.20,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ left 3 m wall
 &OBST XB=26.20,26.30,21.20,24.20,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ right 3 m wall
 &OBST XB=0.1000,2.10,21.20,21.30,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ left 2 m wall
 &OBST XB=26.30,28.30,21.20,21.30,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ right 2 m wall
 &OBST XB=0.1000,0.2000,6.20,21.20,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ left 15 m wall
 &OBST XB=28.20,28.30,6.20,21.20,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ right 15 m wall
 &OBST XB=0.1000,8.20,6.10,6.20,0.1000,5.80, RGB=102,51,255, SURF_ID='Concrete1'/ left 8 m wall
 &OBST XB=20.20,28.30,6.10,6.20,0.1000,5.80, RGB=102,51,255, SURF_ID='Concrete1'/ right 8 m wall
 &OBST XB=4.10,4.20,0.2000,6.10,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ left 6 m wall
 &OBST XB=24.20,24.30,0.2000,6.10,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ right 6 m wall
 &OBST XB=4.10,24.30,0.1000,0.2000,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Glass1'/ bottom wall
 &OBST XB=4.10,24.30,0.1000,6.20,0.1000,0.50, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ stage floor
 &OBST XB=2.20,26.20,21.20,24.20,0.1000,0.60, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ top floor

&OBST XB=0.2000,28.20,18.20,21.20,0.1000,0.50, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ floor second from top
&OBST XB=0.2000,28.20,15.20,18.20,0.1000,0.4000, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ floor thrid from top
&OBST XB=0.2000,28.20,12.20,15.20,0.1000,0.3000, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ floor fourth from top
&OBST XB=0.1000,28.30,6.10,12.20,0.1000,0.2000, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ floor
&OBST XB=6.70,21.70,6.20,7.70,0.1000,0.50, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ stage extension
&OBST XB=6.70,8.20,6.00,6.50,0.1000,5.80, RGB=153,102,255, SURF_ID='Concrete1'/ left stage pillar
&OBST XB=20.20,21.70,6.00,6.50,0.1000,5.80, RGB=153,102,255, SURF_ID='Concrete1'/ right stage pillar
&OBST XB=2.20,2.70,18.20,18.70,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ left small pillar
&OBST XB=25.70,26.20,18.20,18.70,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ right small pillar
&OBST XB=8.20,8.70,17.70,19.20,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ left thick pillar
&OBST XB=19.70,20.20,17.70,19.20,0.1000,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ right thick pillar
&OBST XB=2.20,26.20,18.20,24.20,3.00,3.10, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ 2nd center floor
&OBST XB=26.20,28.20,18.20,21.20,3.00,3.10, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ 2nd floor right
&OBST XB=0.2000,2.20,18.20,21.20,3.00,3.10, RGB=255,204,102, SURF_ID='Wood1'/ 2nd floor left
&OBST XB=0.2000,28.20,18.40,18.50,3.10,3.70, COLOR='WHITE', SURF_ID='INERT'/ fence 2nd floor
&OBST XB=4.20,24.20,0.2000,6.20,5.70,5.80, COLOR='GRAY 60', SURF_ID='Concrete1'/ stage cieling
&OBST XB=0.2000,28.20,5.00,6.50,4.80,5.80, RGB=153,102,255, SURF_ID='Concrete1'/ cieling balk
&OBST XB=2.20,26.20,21.20,24.20,5.70,5.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Concrete1'/ 2nd floor cieling
&OBST XB=0.2000,28.20,6.20,21.20,5.70,5.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Concrete1'/ cieling
&OBST XB=8.10,8.20,0.2000,4.20,0.00,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ Wall stage left
&OBST XB=20.20,20.30,0.2000,4.20,0.00,5.80, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ Wall stage right
&OBST XB=9.20,19.20,21.20,24.20,3.10,5.60, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='Concrete1'/ soundbooth
&OBST XB=2.20,6.20,21.20,21.30,3.10,4.10, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='INERT'/ 2nd floor 4 m wall left
&OBST XB=22.20,26.20,21.20,21.30,3.10,4.10, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='INERT'/ 2nd floor 4 m wall right
&OBST XB=19.20,20.20,21.20,21.30,3.10,4.10, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='INERT'/ 2nd floor 2 m wall right
&OBST XB=8.20,9.20,21.20,21.30,3.10,4.10, COLOR='GRAY 80', SURF_ID='INERT'/ 2nd floor 2 m wall left

Öppningar för trapporna till läktaren

&HOLE XB=19.20,22.20,22.20,24.00,2.90,3.20/ Hole
&HOLE XB=6.20,9.20,22.20,24.00,2.90,3.20/ Hole

Bakre nödutgångar

&HOLE XB=2.00,2.30,22.00,23.50,0.60,3.00/ door
&HOLE XB=26.10,26.40,22.00,23.50,0.60,3.00/ door

Stolsrader

&OBST XB=8.80,19.60,20.10,20.20,0.50,1.50, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,19.10,19.20,0.50,1.50, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,18.10,18.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,17.10,17.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,16.10,16.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,15.10,15.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,14.10,14.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,13.10,13.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=8.80,19.60,12.10,12.20,0.2000,1.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center
&OBST XB=22.00,28.00,18.10,18.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=22.00,27.70,17.10,17.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=22.00,27.40,16.10,16.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=22.00,27.10,15.10,15.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=22.00,26.80,14.10,14.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=22.00,26.50,13.10,13.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=22.00,26.30,12.10,12.20,0.2000,1.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right
&OBST XB=0.4000,6.40,18.10,18.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=0.70,6.40,17.10,17.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=1.00,6.40,16.10,16.20,0.4000,1.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=1.30,6.40,15.10,15.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=1.60,6.40,14.10,14.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=1.90,6.40,13.10,13.20,0.3000,1.30, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=2.20,6.40,12.10,12.20,0.2000,1.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left
&OBST XB=9.40,19.00,19.10,19.20,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center balcony
&OBST XB=9.40,19.00,20.10,20.20,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center balcony
&OBST XB=9.40,19.00,21.00,21.10,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats center balcony
&OBST XB=0.4000,6.00,21.00,21.10,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left balcony
&OBST XB=0.4000,6.00,20.10,20.20,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left balcony
&OBST XB=0.4000,6.00,19.10,19.20,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats left balcony
&OBST XB=22.40,28.00,21.00,21.10,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right balcony
&OBST XB=22.40,28.00,20.10,20.20,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right balcony
&OBST XB=22.40,28.00,19.10,19.20,3.10,4.10, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='INERT'/ seats right balcony

-----Branden-----

&REAC ID = 'POLYURETHANE'

FYI = 'C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'

SOOT_YIELD = 0.10

N = 1.0

C = 6.3

H = 7.1

O = 2.1 /

&SURF ID='FIRE',HRRPUA=2000.0 ,COLOR='RASPBERRY', RAMP_Q='fire'/
&OBST XB=5.0,7.0,0.5,2.5,0.7,1.7,SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT' /

&RAMP ID='fire', T= 0.0, F=0.0 /

&RAMP ID='fire', T= 25.0, F=0.01 /

&RAMP ID='fire', T= 50.0, F=0.02 /

&RAMP ID='fire', T= 100.0, F=0.06 /

&RAMP ID='fire', T= 150.0, F=0.13 /

&RAMP ID='fire', T= 200.0, F=0.24 /

&RAMP ID='fire', T= 260.0, F=0.24 /

&RAMP ID='fire', T= 320.0, F=0.08 /

&RAMP ID='fire', T= 600.0, F=0.08 /

-----Slicefiles-----

Temperatur

&SLCF PBX=7.2 QUANTITY='TEMPERATURE' / left stairs x-axis
&SLCF PBX=14.2 QUANTITY='TEMPERATURE' / centerline x-axis
&SLCF PBX=21.2 QUANTITY='TEMPERATURE' / right stairs x-axis
&SLCF PBY=7.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / stage y-axis
&SLCF PBY=14.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / centerline y-axis
&SLCF PBY=22.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / balcony1 y-axis
&SLCF PBY=19.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / balcony2 y-axis
&SLCF PBZ=3.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / z-axis
&SLCF PBZ=4.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / z-axis
&SLCF PBZ=5.0 QUANTITY='TEMPERATURE' / z-axis

Siktbarhet

&SLCF PBX=7.2 QUANTITY='VISIBILITY' / left stairs x-axis
&SLCF PBX=14.2 QUANTITY='VISIBILITY' / centerline x-axis
&SLCF PBX=21.2 QUANTITY='VISIBILITY' / right stairs x-axis
&SLCF PBY=7.0 QUANTITY='VISIBILITY' / stage y-axis
&SLCF PBY=14.0 QUANTITY='VISIBILITY' / centerline y-axis
&SLCF PBY=22.0 QUANTITY='VISIBILITY' / balcony y-axis
&SLCF PBY=19.0 QUANTITY='VISIBILITY' / balcony first row y-axis

-----Termoelement-----

Termoelement A - Vid dörren närmast branden

&DEVC ID='A1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 1.2 / 'nerifran och uppi'
&DEVC ID='A2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 1.7 /
&DEVC ID='A3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 2.2 /
&DEVC ID='A4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 2.7 /
&DEVC ID='A5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 3.2 /
&DEVC ID='A6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 3.7 /
&DEVC ID='A7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 4.2 /
&DEVC ID='A8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 4.7 /
&DEVC ID='A9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 5.2 /
&DEVC ID='A10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 5.2, 5.6 /

Termoelement B – Vid första stolsraden

&DEVC ID='B1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 1.2 / 'nerifran och upp'
&DEVC ID='B2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 1.7 /
&DEVC ID='B3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 2.2 /
&DEVC ID='B4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 2.7 /
&DEVC ID='B5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 3.2 /
&DEVC ID='B6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 3.7 /
&DEVC ID='B7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 4.2 /

&DEVC ID='B8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 4.7 /
&DEVC ID='B9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 5.2 /
&DEVC ID='B10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 10.2, 5.6 /

Termoelement C – Vid vänstra trappan

&DEVC ID='C1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 1.2 / 'nerifran och upp'
&DEVC ID='C2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 1.7 /
&DEVC ID='C3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 2.2 /
&DEVC ID='C4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 2.7 /
&DEVC ID='C5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 3.2 /
&DEVC ID='C6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 3.7 /
&DEVC ID='C7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 4.2 /
&DEVC ID='C8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 4.7 /
&DEVC ID='C9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 5.2 /
&DEVC ID='C10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 22.2, 5.6 /

Termoelement D – Första raden på läktaren

&DEVC ID='D1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 1.2 / 'nerifran och upp'
&DEVC ID='D2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 1.7 /
&DEVC ID='D3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 2.2 /
&DEVC ID='D4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 2.7 /
&DEVC ID='D5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 3.2 /
&DEVC ID='D6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 3.7 /
&DEVC ID='D7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 4.2 /
&DEVC ID='D8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 4.7 /
&DEVC ID='D9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 5.2 /
&DEVC ID='D10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ= 8.2, 18.6, 5.6 /

-----Brandgaslagerhöjd och temperatur-----

1 Läktaren vänstra trappuppgången

&DEVC XB=8.2, 8.2, 22.4, 22.4, 0.6, 5.7, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd1' /
&DEVC XB=8.2, 8.2, 22.4, 22.4, 0.6, 5.7, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp1' /
&DEVC XB=8.2, 8.2, 22.4, 22.4, 0.6, 5.7, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp1' /

2 Läktaren högra trappuppgången

&DEVC XB=20.2, 20.2, 22.4, 22.4, 0.6, 5.7, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd2' /
&DEVC XB=20.2, 20.2, 22.4, 22.4, 0.6, 5.7, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp2' /
&DEVC XB=20.2, 20.2, 22.4, 22.4, 0.6, 5.7, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp2' /

3 Främre bänkraden på läktaren

&DEVC XB=14.2, 14.2, 18.6, 18.6, 0.6, 5.7, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd3' /
&DEVC XB=14.2, 14.2, 18.6, 18.6, 0.6, 5.7, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp3' /
&DEVC XB=14.2, 14.2, 18.6, 18.6, 0.6, 5.7, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp3' /

4 Mitt framför scenen

&DEVC XB=14.2, 14.2, 18.6, 8.0, 0.3, 5.7, QUANTITY='LAYER HEIGHT', ID='brandgaslagerhojd4' /
&DEVC XB=14.2, 14.2, 18.6, 8.0, 0.3, 5.7, QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', ID='brandgastemp4' /
&DEVC XB=14.2, 14.2, 18.6, 8.0, 0.3, 5.7, QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', ID='omgivningstemp4' /

&TAIL/

Bilaga I

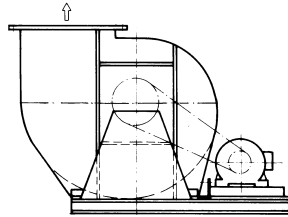
I denna bilaga visas ett urklipp från ett produktdatablad för en brandgasfläkt, mest för att statuera exempel på vilken typ som kan vara lämplig.

Brandgasfläkt EKO-BVRA av radialtyp

Brandgasfläktar



EKO-BVRA



Brandgasfläkt EKO-BVRA

19 storlekar

Fläkt hjul diam 180 - 1400 mm

Luftflöde max 140.000 m³/h

Total tryckökning max 3.150 Pa

Teknisk beskrivning

Brandgasfläkt EKO-BVRA är avsedd för installation utanför brandzonen.

Temperatur/Tidsklassifering enligt EN 12101 – Del 3:

F 600 CE-nr 0761-CPD-0037

Allmänt godkännande nr Z-78.11-160

Konstruktion

Fläktens hölje har en stabil konstruktion med svetsade delar av stålplåt. Sidorna är förstärkta.

Inlopp och utlopp är försedda med motflänsar.

Fläktens hölje skyddas med temperaturtålig aluminiumfärg (vid uppställning inomhus).

Fläkthölet kan också erhållas med ljud- och värmeisolering. Kontakta oss för ytterligare information.

Fläkt hjul

Fläkt hjulet är enkelsugande och tillverkat av stål med svetsade bakåtböjda skovlar.

Fläkt hjulet är tillsammans med axeln dynamiskt balanserad enligt ISO 14694-2003.

Fläkt axeln är försedd med kylskiva och axeltätning samt lagrad i ställager.

Komplett remdrift med två kilremsskivor, kilrem och beröringsskydd ingår.

Montagealternativ

Se separat sida.

Styrning av brandgasfläkten

Mer information om våra övervakningssystem EKO-KPA finns på separata sidor.