



# 2014

Rapport 9466 Avdelningen för Brandteknik, Lund, 2014

Emma Axelsson  
Madelene Ekholm  
Johan Hellstrand  
Anna Henriksson  
Linus Östman

**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola



## **Brandteknisk riskvärdering av Cirkus i Stockholm**



# **Brandteknisk riskvärdering av Cirkus i Stockholm**

**Emma Axelsson**

**Madelene Ekholm**

**Johan Hellstrand**

**Anna Henriksson**

**Linus Östman**

**Lund 2014**

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.



**Rapport nr/Report nr**

9466

**Titel/Title**

Brandteknisk riskvärdering av Cirkus i Stockholm

Fire safety evaluation of Cirkus in Stockholm

**Antal sidor/Number of pages**

161 (inkl. bilagor/incl. appendices)

**Författare/Authors**

Emma Axelsson

Madelene Ekholm

Johan Hellstrand

Anna Henriksson

Linus Östman

**Nyckelord**

Brandteknisk riskvärdering, BTR, Cirkus, Stockholm, personsäkerhet, kritiska förhållanden, känslighetsanalys, riskanalys, Simulex, FDS, CFAST, PyroSim

**Keywords**

Fire safety evaluation, BTR, Cirkus, Stockholm, human safety, critical conditions, sensitivity analysis, risk analysis, Simulex, FDS, CFAST, PyroSim

**Bilder/Pictures**

Om ingen källa anges är bilderna tagna av författarna/All pictures are taken by the authors if no reference is given

---

Avdelningen för Brandteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet  
Box 118  
221 00 Lund  
Sverige

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>  
Telefon: 046 222 73 60

Fax: 046 222 46 12

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

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>  
Telephone: +46 46 222 73 60

Fax: +46 46 222 46 12



## **Abstract**

The purpose of this report is to perform an evaluation of life safety in case of fire at Cirkus in Stockholm. Cirkus is a heritage listed building that offers a lot of different events, such as concerts and conferences. This report is limited to only cover the public areas of the building. No account is taken to either economic losses or environmental impacts in case of fire. The method employed is a deterministic scenario analysis that handles uncertainties with a credible worst case approach. From the risk identification three scenarios were selected for further analysis.

By using different simulation programs the times to critical conditions and evacuation are determined for each scenario. These times were compared to each other and if a negative time margin was obtained the personal safety cannot be ensured. For all three scenarios it was found that measures must be taken and requirements are presented and verified. The requirements are considered not to affect the buildings appearance and this because of the heritage label of the building.





## Förord

Vi vill tacka följande personer för betydelsefull handledning och hjälp under projektets gång. Utan er hade projektet aldrig kommit i mål.

**Karl Fridolf** - doktorand och handledare vid Avdelningen för Brandteknik, för betydelsefulla kommentarer och handledning under arbetets gång.

**Axel Jönsson** – konsult och extern handledare från Brandskyddslaget, för stort engagemang och betydelsefulla kommentarer under arbetets gång.

**Peter ”Palle” Gustavsson** - VD på Cirkus, för möjligheten att komma på besök och för ett trevligt bemötande.

**Jonathan Wahlqvist** - doktorand vid Avdelningen för Brandteknik, för hjälp med CFD-problem.

**Brandskyddslaget** - för trevligt besök på Stockholmskontoret och mat samt logi under vistelsen i Stockholm.

**Håkan Frantzich** - universitetslektor tillika kursansvarig, för betydelsefulla diskussioner vid konsultationer.



## Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av Cirkus i Stockholm och syftar till att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand. Rapporten utgör en examinerande del i kursen Brandteknisk riskvärdering som ges vid Lunds Tekniska Högskola.

Cirkus är ett mångsidigt evenemangshus som arrangerar exempelvis konserter, teatrar, TV-galor och kongresser. Byggnaden invigdes år 1892 och är sedan år 1983 klassat som ett byggnadsminne och får därmed inte rivas, byggas om till det yttre eller väsentligt förändras i byggnadens inre. Cirkus består i dagsläget av ett scenhus med tillhörande loge- och kontorsavdelning i flera plan samt en salong med en anslutande matsal och bar. Även utrymmen för privata sällskap finns att tillgå i form av loger samt en festvåning. Totalt består byggnaden av fem våningar varav två är publika.

Rapporten avgränsas till att behandla personsäkerheten för gästerna och därmed utvärderas endast de publika delarna av byggnaden. Utvärderingen baseras på den deterministiska metodiken enligt nivå 2 som beskrivs av Paté-Cornell. Detta innebär att analyser för ett begränsat antal representativa scenarier som kan betraktas som värsta troliga fall utförs (Paté-Cornell, 1996). Utifrån en grovanalys av möjliga brandscenarier väljs tre representativa scenarier ut som slutligen analyseras närmare. De scenarier som utvärderas är brand i salong, brand i garderob och brand i matsal.

För analys av scenarierna används handberäkningar och resultat från simuleringsprogrammen FDS, CFAST och Simulex. I samtliga tre scenarier anses personsäkerheten inte tillräcklig varpå åtgärder undersöks och valideras. Dessa presenteras sedan i form av åtgärdsförslag som *ska* eller *bör* genomföras för att säkerställa personsäkerheten under utrymning respektive förbättra brandsäkerheten i byggnaden.

För att säkerställa personsäkerheten i händelse av brand *ska* följande åtgärder genomföras:

- Inaktivera rökridån vid evenemang på salongsgolvet.
- Säkerställ att tillräcklig tilluft finns för brandgasventilationen i scenhuset.
- Installera brandjalusi i respektive garderobsöppning.
- Installera självstängande dörr till respektive garderob.
- Inte stapla möbler i nära anslutning till utrymningsvägar.
- Fortsätta det systematiska brandskyddsarbetet och säkerställa att personal utbildas och är medvetna om rutinerna vid utrymning.

För att förbättra personsäkerheten i händelse av brand *bör* följande åtgärder genomföras:

- Minimera mängden brännbart material på salongsgolvet.
- Undvika att skymma utrymningsvägar under evenemang i salongen.
- Automatiskt öppnande av tilluftsporten.
- Undvika förvaring av brännbart material i ryttargången.
- Undvika att placera föremål som kan påverka sprinklernas spridningsbild.
- Installera självstängande dörrar in till salongen.
- Förtydliga utrymningsvägarna från ryttargången till matsalen genom utökad skyltning.
- Undvika möblering som kan hindra eller försvåra utrymning.
- Installera talat utrymningsmeddelande i matsalen.

Om åtgärderna som *ska* genomföras vidtas bedöms Cirkus publika delar vara säkra med avseende på personsäkerhet i händelse av brand.

## Nomenklatur

Beteckning	Förklaring	Enhet
$A_0$	Öppningsarea	$m^2$
$a$	Flamhöjd	m
$b$	Flammans bredd	m
$b$	Nedre brännbarhetsgräns	-
$C_p$	Specifik värmekapacitet	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
$c$	Avstånd till mätpunkt	m
$dx$	Cellstorlek i FDS	m
$D$	Diameter	m
$D^*$	Dimensionslös diameter i FDS	m
$E$	Energi	$\text{kJ}$
$F$	Synfaktor	-
$g$	Gravitationskonstanten	$\text{m}/\text{s}^2$
$H_0$	Höjd på öppning	m
$L$	Längd	m
$m$	Massa	kg
$\dot{m}$	Massflöde	$\text{kg}/\text{s}$
$\dot{q}''$	Strålningsintensitet	$\text{kW}/\text{m}^2$
$\dot{Q}$	Effekt	$\text{kW}$
$\dot{Q}^*$	Dimensionslös effektutveckling	-
RTI	Response Time Index	$(\text{m}/\text{s})^{0.5}$
$S$	Dimensionslöst tal för strålningsberäkningar	-
$t$	Tid	s
$T$	Temperatur	K
$V$	Volym	$\text{m}^3$
$X$	Förbränningseffektivitet	-
$\Delta H_c$	Förbränningsvärme	$\text{kJ}/\text{kg}$
$\alpha$	Tillväxthastighet	$\text{kW}/\text{s}^2$
$\varepsilon$	Emissivitet	-
$\rho$	Densitet	$\text{kg}/\text{m}^3$
$\sigma$	Stefan-Boltzmanns konstant	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

## Akronymer

BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd
BIV	Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap
CFD	Computational Fluid Dynamics
CFAST	Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport
FDS	Fire Dynamics Simulator
NIST	National Institute of Standards and Technology
REMP	Required Extinguishing Media Portion
RTI	Response Time Index
SBA	Systematiskt brandskyddsarbete
SBF	Svenska Brandskyddsföreningen
SFPE	Society of Fire Protection Engineers
SP	Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning .....</b>	<b>1</b>
1.1 Syfte.....	1
1.2 Mål.....	1
1.3 Skyddsmål .....	1
1.4 Avgränsningar och begränsningar .....	2
<b>2. Metod.....</b>	<b>3</b>
2.1 Platsbesök .....	3
2.2 Deterministisk riskanalys .....	4
2.3 Dimensionerande bränder.....	5
2.4 Utrymning.....	6
2.5 Känslighetsanalys .....	6
2.6 Utvärdering och verifiering .....	6
2.7 Osäkerhetsanalys .....	7
<b>3. Objektsbeskrivning .....</b>	<b>9</b>
3.1 Entréplan.....	10
3.2 Festvåning.....	13
3.3 Utbyggnad av nytt scenhus.....	13
<b>4. Befintligt brandskydd .....</b>	<b>15</b>
4.1 Brandgasventilation.....	15
4.2 Rökridå .....	15
4.3 Sprinklersystem.....	15
4.4 Automatiskt brandlarm .....	16
4.5 Utrymningslarm.....	17
4.6 Dörrstängare .....	17
4.7 Nödbelysning.....	17
4.8 Manuell släckutrustning .....	17

4.9 Passiva system.....	17
4.10 Utrymningsvägar .....	18
4.11 Räddningstjänst .....	19
4.12 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA) .....	19
4.13 Ventilation .....	20
4.14 Anmärkningar vid inventering av brandskyddet .....	21
<b>5. Teori.....</b>	<b>23</b>
5.1 Utrymning.....	23
5.2 Kritiska förhållanden .....	26
5.3 FDS.....	27
5.4 CFAST.....	29
5.5 Simulex.....	30
5.6 Val av simuleringsmodell.....	30
<b>6. Riskidentifiering.....</b>	<b>31</b>
6.1 Statistik .....	31
6.2 Grovanalys.....	33
6.3 Val av brandscenarier .....	36
<b>7. Scenario B- Brand i salong.....</b>	<b>37</b>
7.1 Dimensionerande brand .....	38
7.2 Tid till kritiska förhållanden.....	39
7.3 Utrymning.....	40
7.4 Bedömning av personsäkerhet.....	43
7.5 Känslighetsanalys .....	43
7.6 Åtgärder .....	44
7.7 Diskussion .....	46
7.8 Slutsats.....	48
<b>8. Scenario C- Brand i garderob .....</b>	<b>49</b>



8.1 Dimensionerande brand .....	50
8.2 Tid till kritiska förhållanden .....	51
8.3 Utrymning .....	53
8.4 Bedömning av personsäkerhet .....	57
8.5 Känslighetsanalys .....	59
8.6 Åtgärder .....	60
8.7 Diskussion .....	61
8.8 Slutsats .....	63
<b>9. Scenario E- Brand i matsal .....</b>	<b>65</b>
9.1 Dimensionerande brand .....	66
9.2 Tid till kritiska förhållanden .....	67
9.3 Utrymning .....	67
9.4 Bedömning personsäkerhet .....	69
9.5 Känslighetsanalys .....	69
9.6 Åtgärder .....	70
9.7 Diskussion .....	74
9.8 Slutsats .....	75
<b>10. Slutdiskussion .....</b>	<b>77</b>
10.1 Avgränsningar .....	77
10.2 Val av brandscenarier .....	77
10.3 Modellosäkerheter .....	77
10.4 Resultat .....	79
10.5 Analysmetod .....	79
10.6 Övrigt .....	80
<b>11. Slutsats .....</b>	<b>81</b>
<b>12. Referenser .....</b>	<b>83</b>
<b>Bilaga A – Byggnadsminnesförklaring .....</b>	<b>I</b>

<b>Bilaga B – Rutiner.....</b>	<b>VII</b>
<b>Bilaga C – Dimensionerande bränder.....</b>	<b>XI</b>
C.1 Teori.....	XI
C.2 Effektutveckling för brand i salongen .....	XIII
C.3 Effektutveckling för brand i garderoben.....	XVII
C.4 Effektutveckling för brand i matsalen .....	XXIII
<b>Bilaga D – CFAST .....</b>	<b>XXVII</b>
D.1 Förenklingar och antaganden.....	XXVII
D.2 Indataparametrar .....	XXIX
D.3 Tid till aktivering .....	XXIX
<b>Bilaga E – FDS .....</b>	<b>XXXI</b>
E.1 Teori.....	XXXI
E.2 Garderob.....	XXXIII
E.3 Matsalen .....	XL
E.4 Kontroller .....	XLVIII
E.5 Osäkerheter .....	L
<b>Bilaga F – Simulex.....</b>	<b>LI</b>
F.1 Salongen .....	LI
F.2 Garderoben .....	LIII
F.3 Matsalen .....	LVI
<b>Bilaga G – Indata FDS .....</b>	<b>LIX</b>
G.1 Garderoben .....	LIX
G.2 Matsalen.....	LXIII

# 1. Inledning

Denna rapport är en examinerande uppgift i kursen Brandteknisk riskvärdering för brandingenjörsstudenter. Rapporten syftar till att lära studenterna använda kunskaper från tidigare kurser samt att samarbeta i en grupp. Rapporten grundar sig i att personsäkerheten i händelse av brand bedöms för en byggnad. Vid bedömningen tas främst hänsyn till faktorer som objektets passiva och aktiva system samt personalorganisation. Om det visar sig att personsäkerheten vid brand inte kan garanteras utifrån uppsatta kritiska förhållanden ges förslag på åtgärder som verifieras. I denna rapport definieras verifiering som kontroll av åtgärdsförslagets påverkan på scenarierna.

Objektet som analyseras i denna rapport är Cirkus i Stockholm. Byggnaden är intressant att analysera ur personsäkerhetsperspektiv då den används vid en rad olika evenemang med varierande förutsättningar. Dessutom är delar av byggnaden kulturminnesmärkta sedan år 1983 och verksamheten står inför en utbyggnad av lokalerna vilket kan komma att påverka förutsättningarna för utrymning.

## 1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Cirkus i Stockholm. Rapporten syftar även till att brandingenjörsstudenterna ska använda sig av tidigare kunskaper, utveckla sitt analytiska och ingenjörsmässiga tankesätt samtidigt som de bekantar sig med brandskydds- och utrymningsmodeller.

## 1.2 Mål

Målet med rapporten är att avgöra om personerna som befinner sig på Cirkus kan utrymma innan kritiska förhållanden uppnås vid brand. Överstiger utrymningstiden tiden till kritiska förhållanden kommer åtgärder att undersökas och föreslås.

## 1.3 Skyddsmål

I rapporten definieras skyddsmålet till att ingen person ska utsättas för kritiska förhållanden vid utrymning i händelse av brand. Nivåer för kritiska förhållanden hämtas från BBRAD. Kriterierna återfinns i kapitel 5.2 Kritiska förhållanden och är ”...satta så att om en person utsätts för den kritiska exponeringen är det stor sannolikhet att personen klarar sig utan alltför stort obehag.” (Räddningsverket, 2003).

## 1.4 Avgränsningar och begränsningar

Eftersom syftet är att bedöma personsäkerheten avgränsas rapporten till att inte omfatta skador på varken egendom eller miljö. Gällande bedömningen av personsäkerheten på Cirkus kommer endast de delar som är tillgängliga för publik analyseras. Detta eftersom det där vistas ett stort antal personer, vilka antas ha en begränsad lokalkännedom. Det innebär att personal och artister inte behandlas i analysen då det antas att dessa har god lokalkännedom eftersom brandövning och utbildning genomförs inför varje produktion. De publika delarna innefattar salongen med tillhörande ryttargång, matsal, festvåning och uthyrningsbara loger.

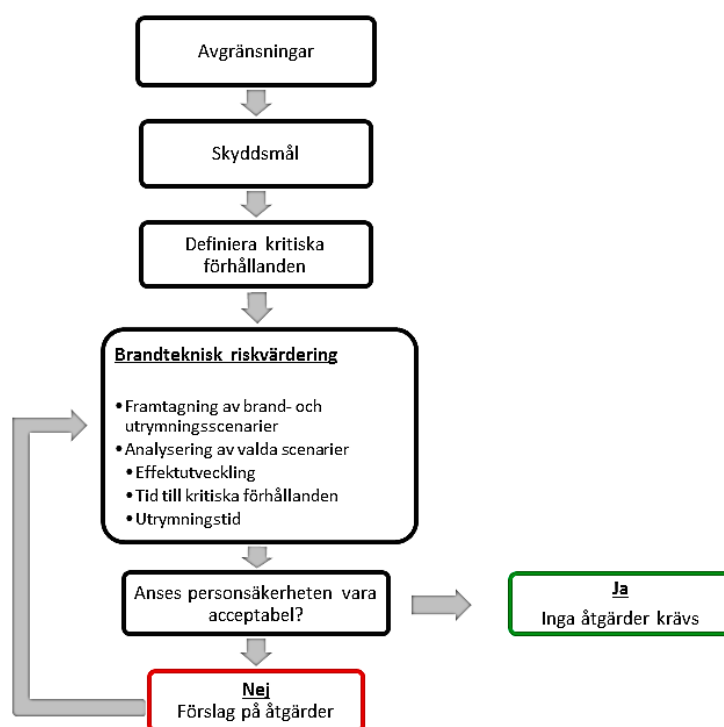
Vid bedömningen av personsäkerheten tas endast hänsyn till brandens initiala skede eftersom det är då utrymning förväntas ske. Gällande det befintliga brandskyddet antas det vara korrekt dimensionerat, så att exempelvis byggnaden klarar givna tidskrav och inte kollapsar under utrymning. Därmed undersöks inte om räddningstjänstens personal kan utföra en släckinsats under tillfredställande säkerhet.

Det befintliga ventilationsbrandskyddet förväntas vara korrekt dimensionerat och fungera som avsett. I de brandscenarier som senare analyseras antas eventuella problem med direkt brandgasspridning uppstå innan det sker via ventilationen. Därmed görs ingen närmare analys gällande brandspridning via ventilationen.

## 2. Metod

I detta kapitel behandlas den metodik som projektet följer. Vidare redogörs för angreppssättet som används vid riskidentifiering, val av riskanalysmetod, brand- och utrymningsanalyser, känslighetsanalys samt osäkerhetsanalys. Rapporten bygger på en scenarioanalys och baseras till stor del på rapporten *Selecting Design Fires* rekommendationer för hur en sådan kan genomföras (Staffansson, 2010).

För att strukturera och tydliggöra arbetsgången upprättas i arbetets startskede ett flödesschema, se Figur 1. De första stegen innefattar att fastställa avgränsningar, skyddsmål och definiera de kritiska förhållandena som analysen bygger på. Därefter genomförs en grovanalys som slutligen leder fram till vilka brand- och utrymningsscenarier som bedöms lämpliga att utvärdera för kontroll av personsäkerheten i händelse av brand. Om analysen av valda scenarier tyder på att personsäkerheten inte uppfylls ges förslag på åtgärder. Därefter upprepas arbetsprocessen för att utvärdera om åtgärderna haft önskad effekt.



Figur 1. Illustration av det flödesschema som den iterativa arbetsprocessen följer.

### 2.1 Platsbesök

Inför projektets start genomfördes ett platsbesök på Cirkus i Stockholm där både verksamheten och byggnadens brandskydd gällande personsäkerhet gick igenom. Besöket skedde tillsammans med en intern respektive extern handledare samt Peter ”Palle”

Gustavsson, vd på Cirkus. Inför besöket studerades bland annat statistik för bränder i liknande byggnader, ritningar och övrigt tillgängligt material för att få en uppfattning om potentiella brandscenarier och eventuella problem som kan uppstå vid utrymning. Vid rundvandringen på Cirkus kompletterades detta med insamling av information genom fotografering och mätning av relevanta byggnadsdelar. Dessutom gav Gustavsson upplysningar om möjliga evenemang som verksamheten erbjuder och personalorganisationens rutiner vid utrymning samt information om att en utbyggnad planeras.

## 2.2 Deterministisk riskanalys

Rapport baseras på den deterministiska metodiken som beskrivs i rapporten *Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment* av Paté-Cornell (1996). I projektet används nivå 2, vilket innebär att analyser för ett begränsat antal representativa scenarier som kan betraktas som värsta troliga utförs. Genom att bygga analysen på ett fåtal värsta troliga scenarier innefattas övriga mindre allvarliga scenarier samtidigt som arbetsmängden blir hanterbar. Det är viktigt att ta hänsyn till graden av scenariots trolighet, då det potentiellt sett alltid skulle kunna inträffa ännu värre scenarier som är oerhört osannolika. Om dessa scenarier inkluderas i analysen skulle det troligtvis krävas orimliga säkerhetsåtgärder och kostnaden överstiga nyttan (Paté-Cornell, 1996).

### 2.2.1 Scenarioanalys

Det stadium i riskanalysen som innefattar identifiering av risker är en mycket viktig del eftersom det då avgörs vad analysen kommer att beröra. De risker som inte identifieras täcks heller inte in i analysen.

Definitionerna av begreppet risk är många vilket gör det extra viktigt att klargöra vad som faktiskt avses. Ofta beskrivs risk med den så kallade risktripledden, vilken innebär svaret på de tre frågeställningarna (Räddningsverket, 2003):

- Vad kan hända?
- Hur troligt är det?
- Vad blir konsekvenserna?

I denna rapport definieras risk som kombinationen av sannolikhet och konsekvens.

För att bedöma personsäkerheten på Cirkus genomförs en scenarioanalys. Denna bygger på att tänkbara risker först identifieras genom en grovanalys. För att ta fram betydelsefull information för scenarierna används följande frågeställningar:

- Vilken verksamhet bedrivs i lokalen?
- Hur många personer vistas i lokalen?
- Finns det ansamling av material som innebär hög brandbelastning och eller ett snabbt brandförlopp?
- Vilka troliga brandförlopp kan identifieras?
- Är byggnaden uppdelad i brandceller?
- Vilka tekniska system finns för upptäckt, släckning och begränsning av brand?
- Hur sker informationsspridning till gästerna?
- Vilka utrymningsmöjligheter finns och hur är kvalitén på dessa?
- Hur fungerar kontroll och underhållsrutiner?
- Finns det utbildad personal?

Grovanalysen resulterar i en överskådlig bild av riskerna och potentiella brandscenarier. Genom att uppskatta sannolikhet och konsekvens för respektive scenario kan en inbördes rangordning av scenarierna göras. Kombinationen av de två parametrarna presenteras i en riskmatris som visar vilka scenarier som sammantaget har störst risk (Räddningsverket, 2003).

Sannolikhet uppskattas genom en kombination av statistik och kvalitativa bedömningar för liknande byggnader. Konsekvenser bedöms i detta skede enbart kvalitativt och grundar sig på faktorer som kan tänkas påverka utrymningsförhållandena. Bedömningen av konsekvenser görs i form av personskador.

Utifrån riskmatrisen, som baseras på grovanalysen, väljs de brandscenarier som anses vara värsta troliga. Dessa brandscenarier analyseras vidare och motsvarar de scenarier med högst sammantagen sannolikhet och konsekvens. Vidare bedöms de vara mest utmanande för personsäkerheten i händelse av brand och samtidigt representativa för övriga mindre allvarliga scenarier.

### **2.3 Dimensionerande bränder**

För att undersöka hur personsäkerheten påverkas av de värsta troliga scenarierna tas dimensionerande bränder fram, vilka beskrivs av effektutvecklingskurvor. Enligt *Selecting Design Fires* rekommenderas att litteraturstudier genomförs för att finna en mängd olika

värden för att modellera effektutvecklingskurvor. För att ta fram representativa effektutvecklingskurvor analyseras och jämförs de förhållanden som värdena är framtagna vid med de som råder på det aktuella objektet (Staffansson, 2010).

För att bestämma tiden till kritiska förhållanden simuleras de dimensionerande brandförloppen i programmen FDS och CFAST. Dessutom genomförs handberäkningar för exempelvis strålning.

## 2.4 Utrymning

För respektive brandscenario bestäms utrymningsscenarier utifrån hur brandens placering kan påverka tillgängligheten av utrymningsvägar samt parametrar som kan påverka utrymningen negativt.

För att beräkna utrymningstiden används en modell där utrymningsförloppet beskrivs av de tre faserna varseblivningstid, förberedelsetid samt förflyttningstid. Dessa tre tider summeras till den totala utrymningstiden. Varseblivnings- och förberedelsetiderna bestäms utifrån kvalitativa resonemang som baseras på litteratur och anpassning efter objektet. Förflyttningstiden bestäms med datorprogrammet Simulex. En utförligare beskrivning av utrymningsmodellen och utrymningsberäkningar beskrivs i kapitel 5.1 *Utrymning*.

## 2.5 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys genomförs för att kontrollera hur stor påverkan enskilda parametrar har på brand- respektive utrymningsförloppet. Parametrarnas påverkan analyseras genom att minska respektive öka framtagna värden och jämföra förändringen av resultatet. Detta sker genom att ansätta en procentuell förändring av respektive parameter. Känslighetsanalysen i rapporten syftar till att kvantitativt avgöra vilka parametrar som har störst betydelse för resultatet (Räddningsverket, 2003). Känslighetsanalysen beaktas vid val av åtgärder.

## 2.6 Utvärdering och verifiering

För att avgöra huruvida personsäkerheten i händelse av brand kan garanteras på Cirkus beräknas en tidsmarginal. Denna motsvarar differensen mellan tiden till kritiska förhållanden och utrymningstiden. En positiv tidsmarginal innebär att utrymning sker innan kritiska förhållanden uppnås, och därmed uppfylls kriterierna för personsäkerheten. I de fall där personsäkerheten inte uppfylls för de valda brandscenerierna presenteras åtgärdsförslag som verifieras mot scenarierna. Då åtgärderna medför att tiden till kritiska förhållanden överstiger



utrymningstiden anses åtgärderna tillräckliga. Om åtgärderna däremot visar sig vara otillräckliga upprepas processen, enligt Figur 1, till dess att personsäkerheten uppfylls.

Åtgärdsförslagen kategoriseras utifrån om de *ska* eller *bör* uppfyllas. Åtgärderna som *ska* utföras krävs för att uppfylla personsäkerheten i händelse av brand på Cirkus. Förslagen som *bör* uppfyllas är rekommendationer som kan medföra förbättrad personsäkerhet, men som inte anses nödvändiga för att en utrymning ska ske innan kritiska förhållanden uppnås.

Utgångspunkten vid valet av eventuella åtgärder är att använda enkla, ekonomiskt försvarbara och praktiskt genomförbara lösningar. Om åtgärderna innebär praktiska förändringar undersöks i första hand om exempelvis befintliga installationer kan utnyttjas och justeras. Det faktum att Cirkus är en gammal byggnad med kulturhistoriskt värde medför att de lösningar som innebär påverkan av byggnadens utformning, yttre egenskaper och begränsningar för verksamheten i största möjliga mån undviks. Detta medför dock en begränsning av möjliga åtgärdsförslag.

## 2.7 Osäkerhetsanalys

I riskanalysprocessen förekommer alltid osäkerheter oavsett vilken analysmetod som används. Att värdera dessa osäkerheter är ofta svårt. Det är dock viktigt att diskutera och försöka uppskatta hur de osäkerheter som finns påverkar slutresultatet, eftersom beslut ofta fattas på dessa grunder. Genom att tydliggöra de svagheter och begränsningar som analysen innehåller ökar möjligheten för beslutsfattaren att ta ett riktigt beslut. Önskvärt är att eliminera de kunskapsosäkerheter som finns så att endast osäkerheter kopplade till systemets naturliga variation finns kvar. Osäkerheterna kan kategoriseras utifrån om de gäller modellen, indata och parametrar samt beslut och antaganden (Räddningsverket, 2003).

### 2.7.1 Modellosäkerheter

Modeller är ofta användbara och nödvändiga verktyg för att möjliggöra en beskrivning av olika verkliga förlopp. Det är dock viktigt att vara medveten om att de alltid bygger på förenklingar och antaganden och inte är exakta avbildningar av verkligheten. I rapporten används bland annat datorprogrammet CFAST och FDS för att simulera brandförlopp och Simulex för att modellera förflyttningstiden. Vidare används modeller för exempelvis strålningsberäkningar, framtagandet av effektutvecklingskurvor och för att beskriva utrymningsförlopp. Samtliga av dessa modeller har sina respektive begränsningar vilka medför osäkerheter som kan vara svåra att förutse. För att minska osäkerheterna diskuteras modellernas giltighet och lämplighet för de olika scenarierna innan de används. Vidare

undersöks de teorier och antaganden som modellerna bygger på och antalet egna förenklingar och antaganden minimeras så långt det är möjligt. Inför det faktum att beräkningar med de olika modellerna är olika noggranna och tidskrävande övervägs för- och nackdelar samt rimligheten för scenarierna med avseende på detta.

### **2.7.2 Osäkerheter i indata och parametrar**

Bedömningen av personsäkerhet vid brand bygger på ett stort antal parametrar som alla medför osäkerheter. Dessa parameterosäkerheter behandlas genom att, bland ett flertal tillgängliga värden, välja ett värsta troligt värde som representerar det scenario som analyseras. Därmed innefattas även andra troliga men mindre allvarliga värden (Räddningsverket, 2003). Vidare ligger fokus på att parametervärden hämtas från trovärdig litteratur och att parametern bedöms giltig i sammanhanget. Då olika experiment används undersöks vilka förutsättningar och försöksupställningar som använts, varpå parametrarna kan jämföras och justeras för att efterlikna objektets. Trots att det är svårt att bestämma ett specifikt värde anges samtliga parametrar av punktvärden.

### **2.7.3 Osäkerheter i antaganden och beslut**

Då fullständig information saknas inom flera områden, exempelvis gällande befintliga system, verksamheten och materialegenskaper, görs vissa antaganden. Dessa är svåra att kvantifiera och hanteras genom att på ett tydligt sätt motivera de antaganden och bedömningar som görs och vilka följder de kan tänkas få. Då det är möjligt underbyggs antaganden med litteraturstudier, där litteraturen behandlas källkritiskt.

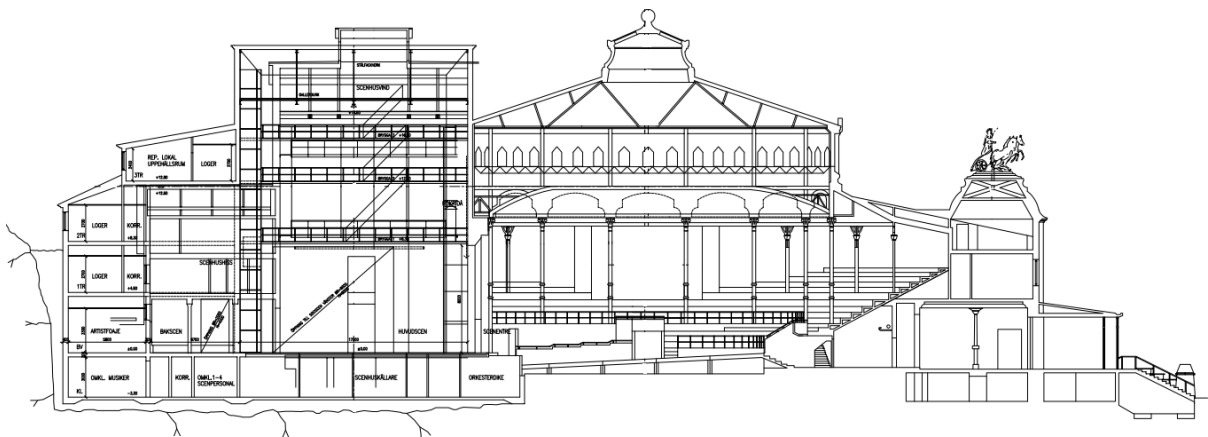
### 3. Objektsbeskrivning

Cirkus är ett mångsidigt evenemangshus beläget på Djurgården i Stockholm. Det är främst en arena för teatrar, musikaler och shower men även för evenemang såsom TV-galor, kongresser och konferenser. Byggnaden invigdes år 1892 och har sedan dess byggts om och byggts ut flertalet gånger allt eftersom verksamhetsområdet har förändrats och utökats. Sedan 1983 är Cirkus klassat som ett byggnadsminne och får därmed inte rivas, byggas om till det yttre eller väsentligt förändras i byggnadens inre (Länsstyrelsen, 1983), se Bilaga A – Byggnadsminnesförklaring. I Figur 2 visas en del av den kulturminnesmärkta fasaden.



Figur 2. Huvudentrén och en del av den kulturminnesmärkta fasaden.

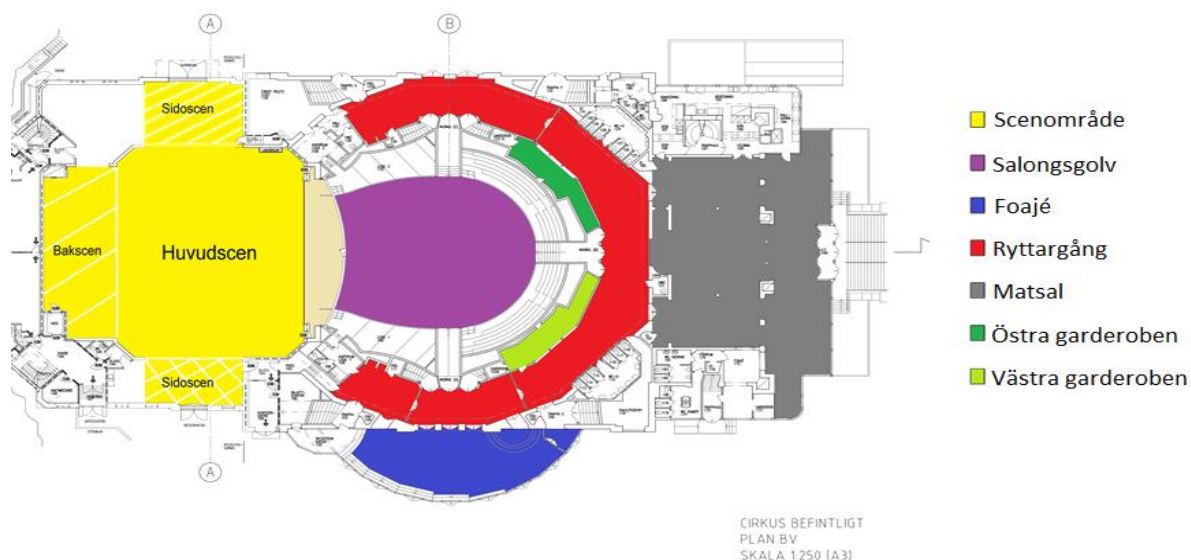
Cirkus består i dagsläget av ett scenhus med tillhörande loge- och kontorsavdelning i flera plan samt en salong med en anslutande ryttargång och matsal. Även utrymmen för privata sällskap finns att tillgå i form av loger samt en festvåning. Totalt består byggnaden av fem våningar varav två är publika. En profilmålning av byggnadens genomskärning visas i Figur 3.



Figur 3. Genomskärning av byggnaden i profil. I genomskärningen ses scenhuset till vänster och de publika delarna till höger (White arkitekter, u.d.).

### 3.1 Entréplan

På entréplan finns scenen med bakomliggande artistfoajé och salongen. Vid huvudentrén finns biljettkassa och bar samt vidare in i ryttargången finns två garderober för gästerna. I kortändan finns matsal i anknötning till ryttargången. En översiktlig bild över planritningen presenteras i Figur 4.



Figur 4. Planritning över entréplan (White arkitekter, u.d.). Dessutom ingår förtydligande av rapportförfattarna.

#### 3.1.1 Scenområde och salong

Scenområdet består av en huvudscen, en bakscen samt två sidoscener. Möblering och mängden dekor på scen varierar beroende på aktuell produktion samt vilket evenemang som anordnas.

Antalet gäster i salongen är evenemangsberoende. Under teaterföreställningar och konserter kan högsta personantalet variera mellan 1600-1750 personer beroende på om det är sittande eller stående parkett. I händelse av galor, konferenser eller andra evenemang kan salong och scenområde arrangeras om och bland annat dukas upp för middagsgäster för upp mot 700 personer. Exempel på olika konfigurationer som kan förekomma i salongen visas i Figur 5.



Figur 5. Kongress och middag i salongen (Cirkus, 2013).

### 3.1.2 Ryttargång och garderober

I ryttargången finns tre glasväggar med glasdörrar utplacerade vilket delar av gången i flera sektioner samtidigt som de tillåter fri sikt och passage. Längs med sidan in mot salongen finns två inbyggda garderober som vardera har en kapacitet för cirka 875 jackor. Som följd av placeringen under läktaren är taket sluttande och utformningen av rummet långsmal, se Figur 6. För att ta emot kläder finns en öppning in till garderobsutrymmet på cirka 6,5 m<sup>2</sup>. Under föreställning är varje garderob bemannad med tre personer ur personalen och ryttargången i stort med cirka 15 personer ur personalen.



Figur 6. Delar av ryttargången. På bilden till vänster kan en av garderoberna skymtas.

### 3.1.3 Matsal

I anslutning till salong och ryttargång finns en matsal som rymmer 270 matgäster. Köket öppnar vanligtvis ett par timmar innan ett evenemang och är beläget i direkt anslutning till matsalen. I ena änden av matsalen finns en liten scen för mindre uppträdanden och längre in i matsalen finns en bar. Yttre fasaden omfattar stora glaspartier och även innertaket är till stora delar av glasmaterial, se Figur 7.



Figur 7. Del av matsalen med innertak i glas.

### 3.1.4 Entré och bar

Entrén består av en rundad foajé och innehåller en biljettkassa samt en bar med tillhörande ståbord. Foajén har sju dubbeldörrar som leder direkt ut i det fria, se Figur 8.



Figur 8. Foajén med bar och biljettkassa.

### 3.1.5. Ernst Rolfs Loge

Vid sidan av scenen och i anslutning till salongen finns Ernst Rolfs Loge vilket är ett rum som kan hyras för privata middagar i samband med evenemang. Rummet är anpassat för totalt 12 personer och under uthyrningstiden finns en personlig kypare som serverar gästerna.

### 3.1.6 Champagnelounge

På motsatt sida av scenen i jämförelse med Ernst Rolfs Loge finns en privat loge för sällskap upp till 30 personer, se Figur 9. Denna utnyttjas för mingel i samband med evenemang med servering av lättare tilltugg.



Figur 9. Champagnelounge (Cirkus, 2013).

### 3.2 Festvåning

Längs kortsidan av plan 1, ovanför matsalen, finns en festvåning med plats för cirka 100 gäster. Festvåningen nås genom dörrar från övre delen av läktaren i salongen samt via en trappa upp från matsalen. I Figur 10 visas ett exempel på en uppdukning i lokalen.

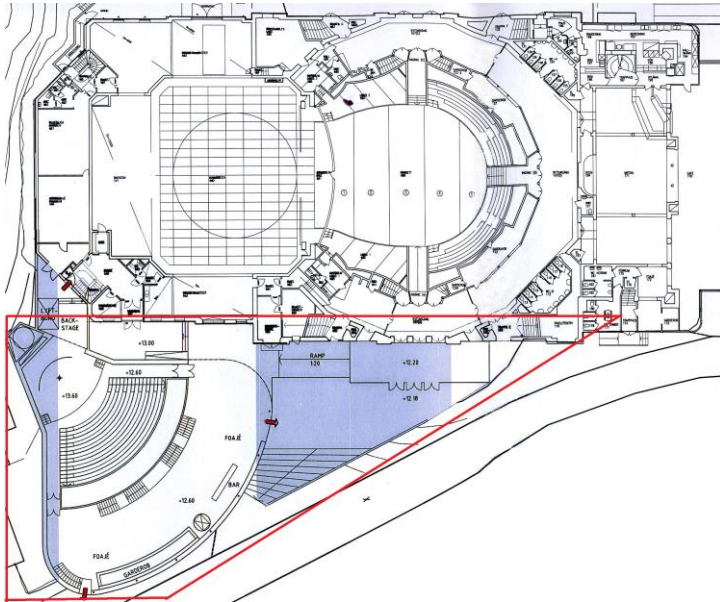


Figur 10. Uppdukning i festvåningen (Cirkus, 2013).

### 3.3 Utbyggnad av nytt scenhus

Cirkus planerar utöka sin verksamhet och planer på ett nytt scenhus är fastställt. Det nya scenhuset kommer att rymma cirka 800 åskådare och möjliggör mindre evenemang vid sidan av större produktioner i den redan befintliga evenemanglokalen. Under byggnationen av det nya scenhuset kommer troligtvis vissa av utrymningsdörrarna i foajén som visas i Figur 8 att

blockeras tillfälligt. Dessutom används en av dörrarna på berörd sida som friskluftsintag till brandgasventileringen ovanför scenen, vilket medför att funktionaliteten av dessa kan komma att påverkas. Ritning över den tänkta utbyggnaden visas i Figur 11.



Figur 11. Ritning över planerad utbyggnad (White arkitekter, u.d.). Det inom den röda markeringen avser utbyggnaden.



## 4. Befintligt brandskydd

Vid bedömningen av personsäkerheten i byggnaden beaktas det befintliga brandskyddet. Eftersom Cirkus är en gammal byggnad har brandskyddet successivt utökats med åren, vilket kan ha betydelse för kvalitén på vissa delar i brandskyddet. Informationen i följande kapitel hämtas från platsbesöket samt viss dokumentation.

### 4.1 Brandgasventilation

I scenhuset tak finns brandgasventilation installerad i form av fyra stycken brandgasluckor vilka öppnas vid detektoraktivering. Brandgasluckorna går även att öppna och stänga manuellt. Funktionaliteten på brandgasventilationen är, förutom luckornas öppnande, beroende av friskluftsintag. Friskluftsintagen består av två portar i olika storlek vid golvnivå vid respektive sidoscen. Portarna öppnas manuellt av scenpersonal vid detektoraktivering. Värt att notera är att brandgasventilationen inte är fläktdriven utan helt bygger på självdrag.

### 4.2 Rökridå

Mellan salongen och scenhuset finns en rökridå, i form av ett tygdraperi i brandskyddat material, som sänks ner vid detektoraktivering. Denna är till för att hindra strålning och brandgasspridning mellan scenen och salongen vid brand och upprätthåller brandcellsgränsen mellan utrymmena.

### 4.3 Sprinklersystem

I stort sett hela byggnaden är utrustad med sprinklersystem. Ett undantag är matsalen troligen med anledning av att den kulturminnesmärkta interiören inte får påverkas. Sprinklersystemet är dimensionerat enligt SBF 120:5 och klassas som normal riskklass för samlingslokal (Svenska Brandförsvärsföreningen 1, 2001). Lokalerna som är utrustade med sprinkler är utrustade med bulbsprinkler undantaget de i garderoben som är av smältbleckstyp. I garderoben är sprinklerna skyddade från mekanisk åverkan vilket uppfyller reglerna i SBF 120:5. Bulberna är av röd typ vilket innebär en aktiveringstemperatur på 68°C medan blecken är ofärgade med aktiveringstemperatur mellan 57-77°C (Svenska Brandförsvärsföreningen 1, 2001) och RTI kan troligen variera mellan 50-100 (m/s)<sup>0.5</sup>.

Enligt SBF 120:5 ska dokumentation med uppgifter om systemet finnas och protokoll föras vid kontroller av exempelvis pumparna. Reglerna säger även att det ska finnas en anläggningsskötare och Cirkus tar in extern hjälp som ansvarar för skötsel av systemet. Detta består av att säkerhetsställa att spridningsbilden för sprinklerna inte störs av balkar och annan

inredning, se till att avstängningsventilen är säkrad i rätt läge och att sprinklerhuvuden samt rör hålls rena (Svenska Brandförsvarsföreningen 1, 2001).

#### 4.4 Automatiskt brandlarm

Det befintliga detektionssystemet består av värme- och rökdetektorer. Det förekommer både synliga och dolda detektorer i byggnaden. De synliga finns installerade i taket medan de dolda bland annat finns installerade under stolarna i salongen. Detektionssystemet är möjligt att stänga av sektionvis för att undvika falsklarm vid evenemang som innehåller exempelvis rökeffekter. Avstängningen är kopplad till en timer vilket gör att detektionen automatiskt slås på igen efter maximalt nio timmar.

Brandlarmsanläggningen är direktkopplat till räddningstjänsten och det finns ingen form av larmlagringsfunktion. Detta medför att vid varje detektoraktivering aktiveras även utrymningslarmet för hela byggnaden utan fördröjning. Även brandgasventilationen och rökridån är kopplat till brandlarmet, vilket leder till att rökkluckorna öppnas och rökridån sänks vid varje detektoraktivering.

Brandlarmet är dimensionerat enligt SBF 110:6 Regler för automatisk brandlarmanläggning. SBF 110:6 reglerar till exempel hur systemet ska installeras, vilka detektorer som är lämpliga och vilket underhåll samt skötsel som ska utföras. Enligt SBF är rökdetektorer lämpliga att använda i utrymmen med takhöjd upp till 9 meter men de kan även användas i utrymmen där takhöjden är mellan 9 till 20 meter. Takhöjden på Cirkus uppgår till maximalt 20 meter, vilket innebär att det är godkänt att använda rökdetektorer (Svenska Brandförsvarsföreningen 2, 2001).

Enligt SBF 110:6 får värmedetektorer användas i utrymmen där hög värmeutveckling vid brand förväntas ske eller i lokaler på maximalt 12 m<sup>2</sup> med dörranslutning till utrymmen där rökdetektorer finns installerade (Svenska Brandförsvarsföreningen 2, 2001). I Cirkus lokaler finns värmedetektorer installerade i exempelvis kök och i vissa trappor.

Krav på skötsel av detektionssystemet ställs i form av journalföring när kontroller genomförs. Kontrollerna ska genomföras månadsvis samt kvartalsvis. Anläggningsinnehavaren ska dessutom se till att hinder i närheten av detektorerna inte påverkar möjligheten till detektion samt tillämpa skärpt beredskap då detektorer stängs av (Svenska Brandförsvarsföreningen 2, 2001). På Cirkus stängs detektorer av vid vissa evenemang, men då hålls ökad beredskap i form av en på förhand utnämnd brandvakt.

## 4.5 Utrymningslarm

I byggnaden används två olika sorters utrymningslarm. I salongen används talat meddelande som är kopplat till högtalarsystemet. När larmet går stängs allt övrigt ljud av så att endast utrymningslarmet hörs. I matsalen utgörs utrymningslarmet däremot av sirener och blixtljus. Detta beror på att matsalen kan erbjuda mindre evenemang med högtalare som inte är kopplade så att de stängs av när larmet går. Därför har Cirkus kompenserat detta med att använda sig av både sirener och blixtljus.

## 4.6 Dörrstängare

Dörrar som bildar en brandcellsgräns har en självstängande mekanism som medför att de stängs automatiskt vid detektoraktivering eller elavbrott. Dörrar med självstängande funktion finns placerade i ryttargången och matsalen och dessa är rökavskiljande.

## 4.7 Nödbelysning

Vid detektoraktivering tänds nödbelysningen i utrymningsvägarna. Nödbelysningen i ryttargången består av en ljusslinga där var tionde lampa har en batterifunktion som går in om elförsörjningen bryts<sup>1</sup>. Denna ljusslinga visas i Figur 6.

## 4.8 Manuell släckutrustning

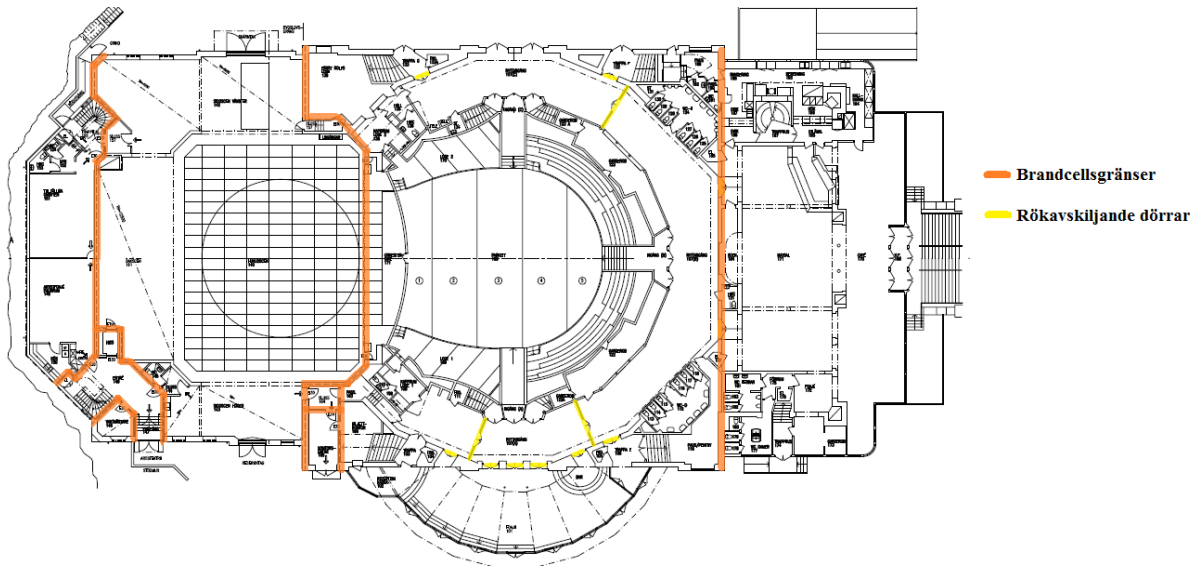
För manuell brandsläckning finns brandsläckare utplacerade på de olika våningarna, bland annat i garderoberna och i salongen. Dessutom finns inomhusbrandposter i alla ingångar från ryttargången till salongen.

## 4.9 Passiva system

Under platsbesöket framgick det att väggmaterial, stolsmaterial och liknande är brandresistenta och därmed ska stå emot brand bättre än andra obehandlade material<sup>2</sup>. Vidare finns det brandcellsgränser som skärmar av olika delar av byggnaden från varandra. I Figur 12 visas hur Cirkus lokaler är indelade i olika brandceller, där scenhuset och salongsbyggnaden utgör två stora brandceller. Då ritningarna inte är helt aktuella framgår det inte om matsalsdelen utgör en egen brandcell. Dock konstaterades det att självstängande dörrar finns installerade mellan matsal och ryttargång, varför slutsatsen att även denna lokal är en enskild brandcell dras.

---

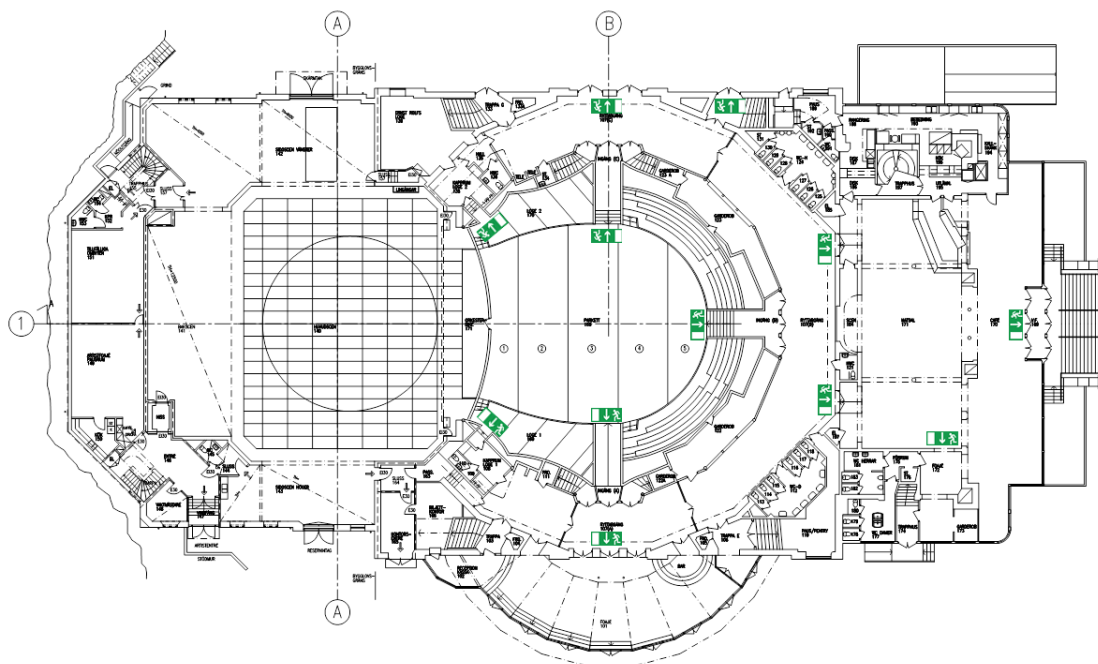
<sup>1,2</sup> Peter ”Palle” Gustavsson, vd Cirkus, platsbesök 30 januari 2014



Figur 12. Markering av brandcellsgränser samt rökavskiljande dörrar (White arkitekter, u.d.). Brandcellsgränser markeras som orange och rökavskiljande dörrar i gult.

#### 4.10 Utrymningsvägar

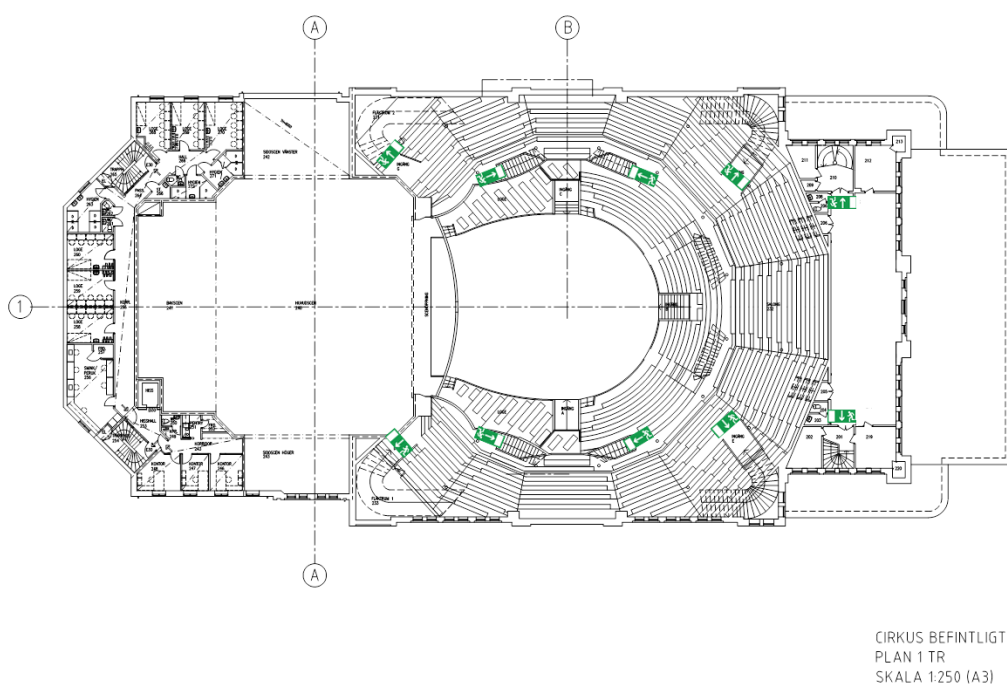
I byggnaden finns ett flertal utrymningsvägar att tillgå. I Figur 13 visas de nuvarande utrymningsskyltarnas placering i de publika delarna på entréplan.



CIRKUS BEFINTLIGT  
 PLAN BV  
 SKALA 1:250 (A3)

Figur 13. Utrymningsskyltar på entréplan (White arkitekter, u.d.), med förtydligande av rapportförfattarna.

De utrymningsskyltar som finns placerade i de publika delarna på plan 1 visas i Figur 14.



Figur 14. Utrymningssvägar på plan 1 (White arkitekter, u.d.), med förtydligande av rapportförfattarna.

#### 4.11 Räddningstjänst

Den närmst belägna brandstationen är Östermalms station, men ytterligare två stationer finns belägna relativt nära Cirkus. Vid alarmering tillkallas dessa tre brandstationer och målet för räddningstjänsten är att vara på plats inom 10 minuter (Storstockholms brandförvar, 2013).

Under varje evenemang är det en ur personalen som har ansvar för att kontrollera att räddningsvägarna runt byggnaden är fria, se *Bilaga B – Rutiner*. Om räddningsvägarna är blockerade av något påbörjas inte föreställningen innan dessa är fria<sup>3</sup>. Detta för att räddningspersonal inte ska ha svårigheter att ta sig fram.

#### 4.12 Systematiskt brandskyddsarbete (SBA)

Cirkus har en strukturerad och noggrann brandskyddsorganisationsplan där personalens ansvarsområden framgår. För mer detaljerad information se *Bilaga B – Rutiner*. Det finns bestämmelser kring vem som har huvudansvar, brandansvar, ansvar för kontroller vad gäller brandskydd och kontroll av brandlarm samt sprinklersystem. Vid gästproduktioner finns särskilda personer vars ansvar är att informera de personer som genomför produktionen och sätta in dessa i brandskyddsarbetet. Det är viktigt att ha en organisation för brandskyddet så

<sup>3</sup> Peter ”Palle” Gustavsson, vd Cirkus, platsbesök 30 januari 2014

det är klargjort vem som är ansvarig för de olika delarna. Det är exempelvis viktigt att underhåll utförs samt att information når ut till alla berörda.

Det finns rutiner för vad som ska genomföras inför evenemang. Till dessa hör att brandlarmet, öppningsfunktionen på nödutgångar och nödbelysning ska kontrolleras vilket utförs av ansvarig personal. Exempelvis kontrollerar foajéansvarig att utrymningsvägarna i foajén är fria och att nödutgångarna är olåsta och inte blockerade. Vid evenemang där sektioner av brandlarmet stängs av görs detta endast av ansvarig.

#### **4.12.1 Rutiner vid utrymning**

Det finns rutiner som personalen ska följa för att utrymningen ska underlättas för gästerna. Exempel på uppgifter som ska genomföras av personalen är att möta upp räddningstjänsten, se till att gästerna inte går för att hämta sina jackor samt att påvisa för gästerna var närmsta utrymningsväg finns.

#### **4.13 Ventilation**

Byggnaden är utrustad med ett mekaniskt till- och frånluftssystem, ett så kallat FTX-system. Detta innebär att ventilationskanalerna för till- och frånluft är separerade och att frånluftens värme återvinns med en värmeväxlare. Scenhuset och matsalen försörjs med separata system och har skilda fläktrum och aggregat. Salongen och ryttargången försörjs däremot av tre gemensamma system, vilka har skilda fläktrum och aggregat.

Då ventilationsritningar inte gick att tillgå kan inte någon exakt placering av exempelvis ventilationskanaler eller brandgasspjäll bestämmas. Dock dras vissa slutsatser gällande brandspridningsrisken via ventilation utifrån den generella information som finns tillgänglig.

Om till- och frånluftssystemet utförs i separata system för varje brandcell föreligger ingen risk för spridning av brandgaser mellan brandcellerna. Då scenhuset och matsalen utgör egna brandceller med separata system bedöms därför ingen risk för brandgasspridning föreligga. Dock kan risk för brandgasspridning via ventilation finnas mellan utrymmen som försörjs av samma aggregat. Detta gäller för ryttargången och salongen. För att förhindra brandgasspridning finns brandskydd i form av brandgasspjäll och detektorer placerade i ventilationskanalerna. Vid detektion stängs spjällen och fläkten stannar varvid brandgaser förhindras att spridas till andra utrymmen.

Betydelsen av brandspridning via ventilationen bedöms i Cirkus lokaler ha liten påverkan under utrymningsskedet. Detta förutsätter dock att det befintliga ventilationsbrandskyddet är

korrekt dimensionerat och fungerar som det är avsett. I de brandscenarier som analyseras djupare antas eventuella problem med direkt brandgasspridning uppstå innan det sker via ventilationen. Därmed görs ingen närmare analys gällande brandspridning via ventilationen.

#### 4.14 Anmärkningar vid inventering av brandskyddet

Under platsbesöket observerades vissa brister gällande brandskyddet som kan ha inverkan på utrymnings säkerheten. Dessa kan vara tillfälliga och är av olika stor betydelse. Bristerna i brandskyddet nämns för att enkla förbättrande åtgärder ska kunna genomföras för att öka personsäkerheten.

##### 4.14.1 Garderober

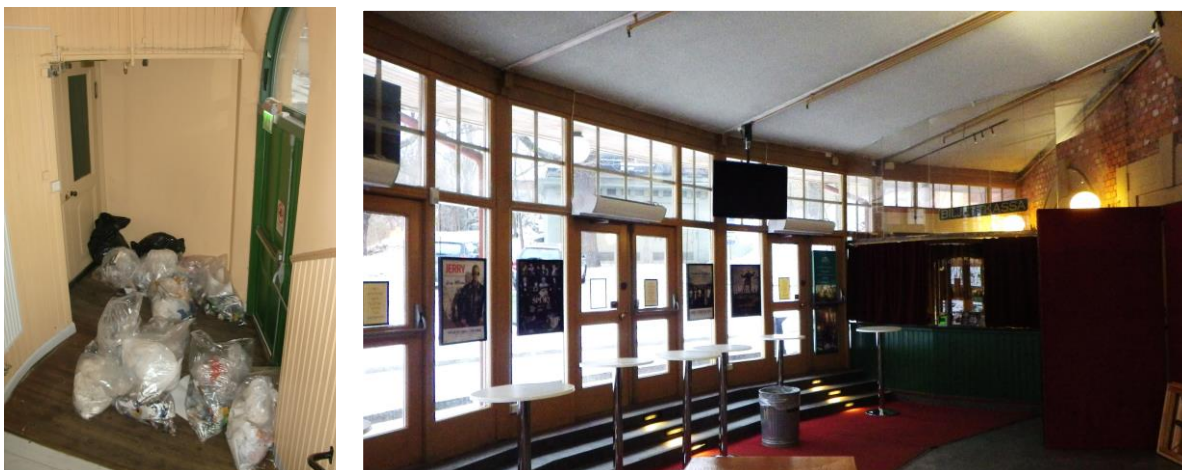
I garderoben observerades att flertalet galgar hänger på ett sprinklerrör i nära anslutning till sprinklerhuvudet. Förutom detta fanns andra föremål placerade på ett av sprinklerhuvudena vilket framgår av Figur 15. Detta är något som kan ha negativ inverkan på sprinklersystemets effektivitet eftersom spridningsbilden från sprinklern kan försämrats.



Figur 15. Hinder för sprinklerhuvuden i garderoben.

##### 4.14.2 Utrymningsvägar

Under platsbesöket uppmärksammades att några av utrymningsvägarna blockerades av bland annat städutrustning, sopsäckar och bord, se Figur 16. Detta förekommer troligen endast under dagtid då städning pågår och Cirkus publika delar är stängda. Dock är det alltid viktigt att hålla utrymningsvägar fria.



**Figur 16. Blockerade utrymningsvägar i trappuppgång och foajén.**

I foajén uppmärksammades även att utrymningsskyltar saknas ovanför de glasade utrymningsvägarna, vilket framgår i den högra bilden i Figur 16. Trots att det framgår att dörrarna leder ut i det fria bör de skyltas tydligt. Byggnadens utrymningsvägar är utrustade med genomlysta skyltar av olika modell, vilket inte är optimalt.

Flera av nödutgångarna är utrustade med panikbeslag av olika sort. Exempel på detta visas i Figur 17, där beslaget till höger är att rekommendera framför det vänstra. Detta beror på att denna sort lättare öppnas vid köbildning då den inte kräver lika högt tryck samt att den inte sitter i höjd för mjukare kroppsdelar<sup>4</sup>.



**Figur 17. Utrymningsdörr med olika panikbeslag.**

---

<sup>4</sup> Håkan Frantzich, universitetslektor, föreläsning den 22 januari 2014



## 5. Teori

I följande avsnitt redogörs det för den teori som rapporten bygger på gällande utrymning och simuleringsprogrammen FDS och CFAST.

### 5.1 Utrymning

I Sverige förses byggnader med brandskydd på olika nivåer och utformning beroende på dess storlek, typ av verksamhet och med hänsyn till de människor som förväntas vistas i byggnaden (Boverket 1, 2013). Dimensioneringen av brandskyddet ska bidra till att utrymning vid en eventuell brand kan genomföras säkert och underlättas, samt förhindra skador på egendom och beakta säkerheten för räddningstjänstpersonal (Frantzich, 2001).

Enligt Boverkets byggregler ska byggnader utformas ”så att det ges en möjlighet till tillfredsställande utrymning vid brand. Med tillfredsställande utrymning avses att personer som utrymmer, med tillräcklig säkerhet, inte utsätts för nedfallande byggnadsdelar, hög temperatur, hög värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som hindrar utrymning till en säker plats” (Boverket 1, 2013). Detta innebär att alla personer som befinner sig i en byggnad ska hinna utrymma innan kritiska förhållanden orsakade av branden uppnås. För att avgöra huruvida utrymningen är säker eller inte jämförs tiden för utrymning med den tillgängliga tiden till kritiska förhållanden.

Att utrymma en byggnad i händelse av brand är för många en ovan situation och den förknippas ofta med stress och ökande grad av fara och oro. Eftersom utrymningen vanligen resulterar i varierande reaktioner och beteenden hos olika individer är det svårt att förutsäga hur en utrymning kommer att gå till samt hur stor tidsåtgången blir.

I rapporten analyseras Cirkus publika delar där servering av alkohol förekommer. Alkoholkonsumtion kan komma att fördröja utrymningsförloppet och hänsyn bör tas till detta om konsumtionen är hög. Cirkus tillhör verksamhetsklass 2B vilket innebär samlingslokal för fler än 150 personer, exempelvis biograf, teatrar, restauranger och konserter. Verksamhetsklass 2C innefattar exempelvis nattklubbar, diskotek och större pubar där alkohol serveras i större omfattning än i verksamhetsklass 2B (Boverket 1, 2013). Detta medför att ingen extra hänsyn tas till gästernas eventuella alkoholpåverkan vid utrymningsanalysen.

#### 5.1.1 Utrymningstid

För att en säker utrymning ska kunna fullföljas krävs att samtliga personer, från alla platser i byggnaden, har tillräcklig tid för utrymning. Detta innebär att utrymningstiden inte får

överstiga tiden till dess att människor exponeras för kritiska förhållanden orsakade av branden. Därmed ska följande villkor uppfyllas för en säker utrymning (Frantzich, 2001):

$$t_{tillgänglig} > t_{utrymning} \quad (1)$$

För att kvantifiera utrymningsförloppet används en modell bestående av tre faser, vilka är (Frantzich, 2001):

- Varseblivning
- Förberedelse
- Förflyttning

Utrymningstiden innefattar alltså de faser som sker från och med brandens uppkomst tills det att samtliga personer i byggnaden har tagit sig till en säker plats. Den totala utrymningstiden definieras enligt följande (Frantzich, 2001):

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning} \quad (2)$$

För att bedöma om utrymningen kan ske säkert, det vill säga innan kritiska förhållanden uppnås, beräknas en tidsmarginal enligt:

$$Tidsmarginal = t_{kritiska\ förhållanden} - t_{utrymning} \quad (3)$$

Tidsmarginalen uttrycker den tid som finns till godo alternativt saknas för att alla personer ska hinna utrymma byggnaden. Ett positivt värde betyder att det finns tid kvar innan kritiska förhållanden uppnås, medan ett negativt värde medför att tiden inte räcker till för alla att utrymma. Då positiv tidsmarginal nås anses personsäkerheten tillräcklig och utrymning av lokalen förväntas ske på ett säkert sätt.

#### 5.1.1.1 Varseblivning

Varseblivningsfasen innefattar den tid det tar för en person att uppfatta att något onormalt inträffat. Detta kan ske genom varseblivning i form av mer eller mindre tydliga signaler som exempelvis ett utrymningslarm, röklukt, att personen ser branden eller varnas av någon annan (Frantzich, 1994). Utöver signalens tydlighet spelar faktorer som exempelvis fysiska förutsättningar i form av hörsel och syn samt störande moment i omgivningen roll för varseblivningen. I de fall ett kombinerat brand- och utrymningslarm finns, är varseblivningstiden relativt enkelt att bestämma. Däremot är det avsevärt mycket svårare att

förtuse när en person uppmärksammar att det brinner då automatiska larmsystem som indikerar bränder saknas (Nilsson, 2006).

### 5.1.1.2 Förberedelse

Förberedelsefasen påbörjas när varseblivningssignalen uppfattas och pågår till dess att ett aktivt beslut om utrymning av byggnaden tas. Det händer att människor tillfälligt avbryter förflyttningen för att exempelvis försöka släcka branden, men denna tid innefattas i förberedelsefasen trots att utrymningen påbörjats (Nilsson, 2006). Vidare är typiska beteenden under denna fas exempelvis att söka ytterligare information, informera och hjälpa andra, klä på sig, hämta värdesaker, ringa räddningstjänsten eller i vissa fall inte låtsas om faran (Frantzich, 1994).

Förberedelsetiden är ofta den längsta och den svåraste att förutse av de tre faserna, eftersom människor är unika och agerar olika i nödsituationer. Dock förekommer en hel del forskning inom detta område, i form av oannonserade utrymningsförsök inom olika verksamheter, som genererat rekommendationer för förberedelsetider för olika verksamheter och varseblivningssätt (Nilsson, 2006).

### 5.1.1.3 Förflyttning

Förflyttning är den sista fasen i utrymningsmodellen och påbörjas då personer aktivt börjar ta sig ut ur byggnaden och fasen avslutas då de antingen når det fria eller en säker plats i byggnaden (Nilsson, 2006). Parametrarna som påverkar denna tidsperiod är relativt väldokumenterade och därmed underlättas bedömningen av tiden för att förflytta sig till en säker plats. En problematisk faktor kan dock vara att gånghastighet skiljer sig mellan personer och måste justeras för exempelvis personer med funktionsnedsättning, som förflyttar sig långsammare, och även de som har behov av hjälp för att evakuera (Frantzich, 1994). Vid simulering i Simulex används olika persontyper i en fördelning som anses representativ för de som förväntas vistas i lokalen. Exempelvis tas hänsyn till att människor har varierande gånghastighet och kroppsform, se *Bilaga F – Simulex*.

Hänsyn tas till personer med funktionsnedsättning genom att inkludera dessa i gruppen som har lägst gånghastighet. Gäster som är rullstolsburna har avsedda platser nära utrymningsvägarna som är anpassade för dem.

En ytterligare faktor som påverkar förflyttningstiden är personers val av utgång. Trots att nödutgångar finns i närheten har det visat sig att dessa inte alltid används i första hand.

Vanligt förekommande är istället att en bekant utgång används, trots att detta ofta innebär en betydligt längre förflyttningssträcka vilket genererar en längre total utrymningstid. Dock har det visat sig att människor kan styras om personal medverkar vid utrymning, samt att utrymningsvägar kan göras attraktivare genom att exempelvis placera dörrar i blickfånget, visa att de leder rakt ut i det fria eller använda blinkande lampor (Frantzich, 2001). Vid simulering väljs de dörrar som gästen förväntas ha använt tidigare till utgångar.

## 5.2 Kritiska förhållanden

I BBRAD finns rekommendationer gällande vilka förhållanden som är acceptabla för en människa att utsättas för vid utrymning. Kriterierna behandlar parametrarna brandgaslagrets höjd, siktbarhet, temperatur, toxicitet och värmestrålning. I Tabell 1 presenteras de kriterier som kan användas för påvisande av acceptabel utrymning vid analytisk dimensionering av utrymningssäkerhet. Vid analytisk dimensionering krävs att antingen kriterierna 1 och 2 tillsammans inte överstiger sina kritiska värden eller att kriteriet 3, 4 och 5 var för sig inte överstiger sitt kritiska värde (Boverket 3, 2013).

Tabell 1. I tabellen visas de olika kriterier på förhållanden vid utrymning som får användas vid analytisk dimensionering och dessutom vilken nivå som kravet gäller (Boverket 3, 2013).

Förhållanden	Kriterier
<b>1. Brandgaslagrets nivå ovan golv</b>	- Lägsta höjd = $1,6 + (\text{Rumshöjden [m]} \cdot 0,1)$
<b>2. Siktbarhet 2,0 [m] ovan golv</b>	- 10,0 m i utrymmen $> 100 \text{ m}^2$ - 5,0 m i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$ , kriteriet kan tillämpas när köbildning kan förväntas
<b>3. Värmestrålning</b>	- Maximalt $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller kortvarig strålning på max $10 \text{ kW/m}^2$ i kombination med max $60 \text{ kJ/m}^2$ utöver energin från en strålningsnivå på $1 \text{ kW/m}^2$
<b>4. Värmedos</b>	- Maximalt $60 \text{ kJ/m}^2$ utöver strålningsnivå på $1 \text{ kW/m}^2$
<b>5. Temperatur</b>	- Max $80 \text{ }^\circ\text{C}$
<b>6. Toxicitet, 2,0 [m] ovan golv</b>	- Kolmonoxidkoncentration (CO) $< 2000 \text{ ppm}$ - Koldioxidkoncentrationen (CO <sub>2</sub> ) $< 5 \%$ - Syrgaskoncentration (O <sub>2</sub> ) $> 15 \%$

Dessa kriterier används som utgångspunkt i riskanalysen eftersom de bedöms vara användbara och ge en god säkerhetsmarginal. Ingen hänsyn tas dock till toxiciteten då påverkan på människor sällan sker innan sikten blivit kritisk (Nystedt, 2011).

### 5.3 FDS

Programmet FDS, version 5, används för att simulera bränder. Programmet är framtaget av NIST och bygger på en CFD-modell där en numerisk form av Navier-Stokes ekvationer löses då olika flöden sker mellan definierade celler. FDS bygger på Large Eddy Simulation, som tar hänsyn till fluktuationer och turbulens i flödena (Floyd, et al., 2007).

Vid uppbyggnad av geometrierna används programmet PyroSim använts. Programmet tillåter användaren att på ett enklare sätt programmera och definiera uppbyggnaden av geometrier. Genom PyroSim kan simuleringar direkt utföras i FDS och även visuellt granskas genom Smokeview (Thunderhead Engineering, 2011).

Vid användning av programmet bör det tas hänsyn till vad programmet är bra på och mindre bra på. Detta då det går att mäta många olika parametrar i FDS men vissa av parametrarna bör användas med försiktighet. I Figur 18 följer en lista hämtad från BIV där de har sammanställt vilka parametrar som är tillförlitliga i FDS och vilka som bör beaktas med försiktighet (BIV, 2013).

Parameter		Parameterns tillförlitlighet
Hot gas layer temperature ("upper layer temperature")	Room of Origin	OK
	Adjacent Room	OK
Hot gas layer height ("layer interface height")		OK
Ceiling jet temperature ("target/gas temperature")		OK
Plume temperature		Försiktighet
Parameter		Parameterns tillförlitlighet
Flame height		Försiktighet
Oxygen concentration		OK
Smoke concentration		Försiktighet*
Room pressure		OK
Target temperature		Försiktighet
Radiant heat flux		Försiktighet
Total heat flux		Försiktighet
Wall temperature		Försiktighet
Total heat flux to walls		Försiktighet
* FDS överskattar sotkoncentrationen i de studier som gjorts i rapporten. Detta ger dock konservativa resultat vid bedömning av tid till kritiska förhållanden.		

Figur 18. Figuren visar vad FDS är bra på att beräkna och vad som användaren bör vara försiktig med att använda programmet till (BIV, 2013).

I Figur 18 går det att se att temperaturer på brandgaser är tillförlitligt att mäta i FDS. Däremot ska försiktighet tas till bland annat temperatur på brandplymen och flamhöjd. Dessutom bör försiktighet tas vid beräkningar av strålning. Figuren säger dessutom att sotkoncentrationen har en tendens att överskattas vid beräkningar i FDS, vilket då ger konservativa tider till kritiska förhållanden.

Programmet är bra på att simulera rökspridning, både i små och stora utrymmen. Det är en noggrann modell om den används med tillräckligt små celler. En nackdel med FDS är att det enbart går att använda sig utav rätblock som celler. Detta orsakar problem vid uppbyggnad av exempelvis sneda och runda ytor. Det finns dock sätt att hantera detta på i programmet. En ytterligare nackdel med programmet är att simuleringar kan ta väldigt lång tid. Därmed är programmet mest lämpat till mindre lokaler då simuleringar i stora utrymmen behöver ha stora cellstorlekar för att kunna simuleras med avseende på tidsåtgången.

FDS är inte lämpat för simulering av ventilationskontrollerade bränder. Detta går att undersöka genom att kontrollera hur väl den inprogrammerade effektkurvan överensstämmer med den som fås som utdata i FDS. Skulle dessa skilja sig åt kan det betyda att branden blivit ventilationskontrollerad varpå utdata efter denna tid ska tas med stor försiktighet. En fördel är dock att detta ofta uppkommer först en bit in i förloppet och är då inget problem i det tidiga skedet av branden då utrymning förväntas ske. För mer information om FDS-beräkningar hänvisas det till *Bilaga E – FDS*.

## 5.4 CFAST

CFAST är ett simuleringsprogram där en brand och de förhållanden som uppkommer till följd av den simuleras med hjälp av tvåzonsmodeller. I en tvåzonsmodell delas rummet in i två zoner, en varm och en kall, tänkta att representera ett övre lager med varma brandgaser och ett undre lager med kallare luft. De två zonerna antas vara homogena och ha litet eller inget utbyte med varandra.

I programmet görs en del förenklingar och antaganden. Bland annat tas ingen hänsyn till transporttiden från det att branden utbryter till det att brandgaserna spridit sig över takytan. Detta leder till att tiden till dess att brandgaserna sjunkit ner till en viss nivå ovan golvet sker snabbare i simuleringen än i verkligheten. Ingen hänsyn tas heller till brandens geometri, strålningen från flamman eller rummets påverkan (Peacock, et al., 2005).

Programmets förenklingar och utgångspunkten att det bildas en varm och en kall zon leder till att vissa krav ställs på rummets geometri och brandens effekt. Detta då det i vissa fall aldrig uppkommer en varm och en kall zon och en simulering av ett sådant fall i CFAST ger missvisande resultat.

Rekommenderade kriterier för användande av CFAST ges i Tabell 2.

**Tabell 2. Rekommenderade kriterier vid användning av CFAST**

Parameter	Kriterium
Längd/Bredd [m]	< 3
Längd/Höjd [m]	< 3
Bredd/Höjd [m]	> 0,4
$\dot{Q}$ [kW]	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A\sqrt{H}$

## 5.5 Simulex

Simulex är en partikelmodell som simulerar förflyttningstid för personer att lämna en byggnad. I programmet kan även flaskhalsar och köbildningsproblematik identifieras.

. I programmet definieras först byggnaden som utrymningen ska ske från. Sedan bestäms antalet utrymningsvägar som finns tillgängliga. Därefter bestäms antalet personer som ska utrymma. I programmet förflyttar sig personerna mot närmsta utgång och tiden tills sista personen har lämnat byggnaden beräknas. Förflyttningstiden definieras som tiden det tar från det att människor börjar förflytta sig tills tiden då de har lämnat brandrummet.

Det går att på förhand bestämma vilken utgång en viss person ska välja. På så vis finns det möjlighet att som utövare styra hur utrymningen ska genomföras. Egenskaperna för personerna kan i programmet varieras. Det går exempelvis att variera storlek och gånghastighet.

## 5.6 Val av simuleringsmodell

Vid val av simuleringsmodell är det flera faktorer som måste tas i beaktning. Det viktigaste är att välja den som är bäst lämpad, det vill säga den modell som passar bäst för det som behöver mätas och har den noggrannhet som behövs. Andra faktorer som behöver vägas in i beslutet är om de har möjlighet att mäta det som önskas och hur väl de kan representera den geometrin som finns. En annan faktor som tas i beaktning är tillgänglig tid och huruvida längden på simuleringen är rimlig i förhållande till det resultat som erhålls.



## 6. Riskidentifiering

För att identifiera representativa brandscenarier och möjliggöra en analys av personsäkerheten i händelse av brand utförs en riskidentifiering. Potentiella brandscenarier identifieras och rangordnas sedan utifrån bedömd risk. Begreppet risk avser i detta fall sannolikheten för att en oönskad händelse inträffar kombinerat med konsekvensen med avseende på personsäkerhet.

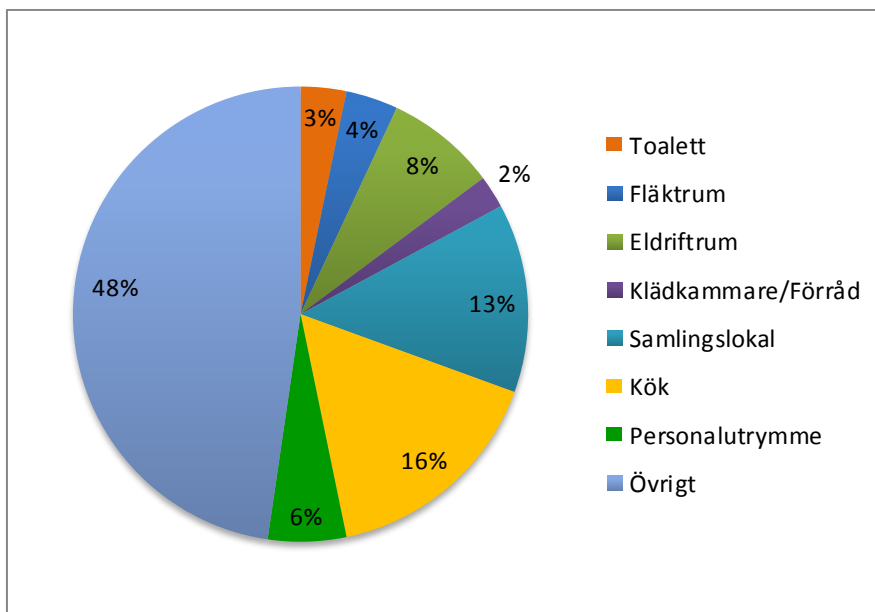
Eftersom konsekvensen endast tar hänsyn till personskador identifieras enbart brandscenarier som kan ha en påverkan på personer i publika delar. Detta då de publika delarna har en högre persontäthet samt att personer i de publika delarna anses ha sämre förutsättningar ur utrymningssynpunkt till följd av sämre lokalkännedom och eventuell alkoholpåverkan.

Rangordningen av scenarierna presenteras i form av en riskmatris och ligger till grund för vilka scenarier som väljs för vidare analys.

### 6.1 Statistik

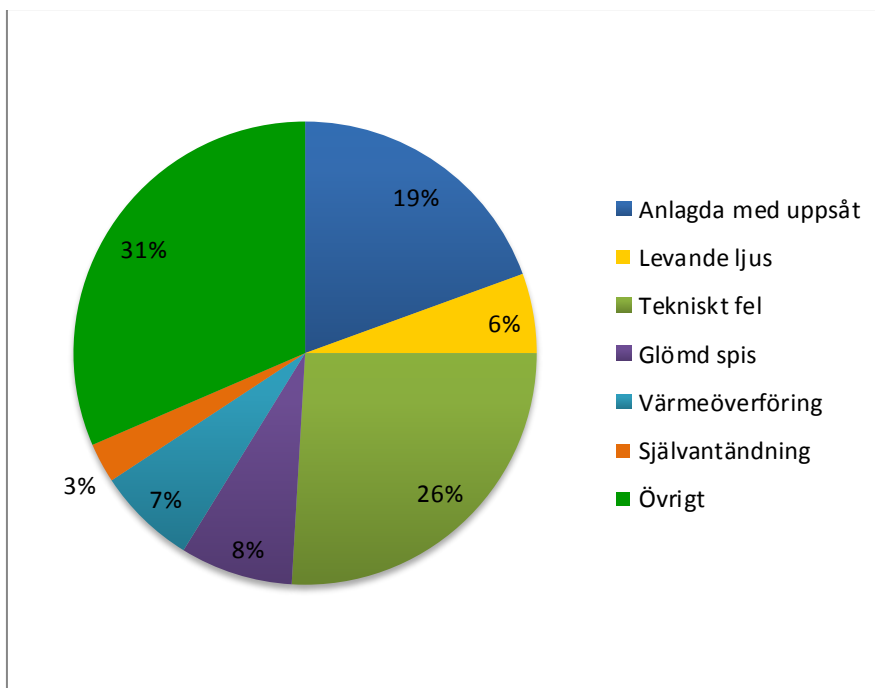
Som underlag vid bedömning av sannolikhet för respektive brandscenario har statistik från räddningsinsatser under åren 2005-2012 använts (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2013). En sammanställning av insatsstatistiken möjliggör information om bränders förekomst och orsak vilken sedan vägs samman med egna resonemang och observationer från platsbesöket.

För att kunna göra en jämförelse mellan scenarierna används statistik över vanliga startutrymmen för bränder i allmänna byggnader med liknande verksamhet som Cirkus såsom teatrar, museum och biografier. Bedömningen av sannolikhet för respektive scenario är kvalitativ, ingående parametrar i respektive figur har valts utifrån relevans och är inga absoluta mått utan beskriver endast inbördes sannolikheter. I Figur 19 visas statistik över startutrymme för en brand i en biograf, museum och teater.



Figur 19. Statistik över startutrymme för brand i biograf, museum och teater (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2013).

I Figur 20 visas statistik över brandorsaker i en biograf, museum och teater.



Figur 20. Statistik över orsak för brand i biograf, museum och teater (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2013).

Som utläses ur figurerna är två vanliga startutrymmen både kök och samlingslokaler. Följaktligen bedöms scenarier med start i dessa utrymmen ha en relativt hög sannolikhet. Vidare ses att tekniska fel och anlagda bränder är relativt vanliga brandorsaker varpå scenarier som kan uppstå till följd av detta anses mer sannolika än övriga scenarier.

## 6.2 Grovanalys

Både bedömningen av sannolikhet och konsekvens representerar en inbördes rangordning då dessa parametrar är svåra att kvantifiera för varje scenario. Bedömningen av sannolikhet sker med hjälp av en femgradig skala, se Tabell 3.

Tabell 3. Gradering av sannolikheter för uppkomst av brand.

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

Konsekvens bedöms utifrån en femgradig skala och tolkas enligt Tabell 4.

Tabell 4. Gradering av konsekvenser vid uppkomst av brand.

Konsekvens	
1	Försumbar
2	Liten
3	Medel
4	Stor
5	Mycket stor

Nedan följer en beskrivning och rangordning av potentiella brandscenarier.

### A. Brand på scen (entréplan)

Brandbelastningen och antalet antändningskällor på scen är varierande och ändras i takt med föreställningarna. Det förekommer dock alltid mycket elektroniska komponenter och sannolikheten för att brand uppkommer anses därmed hög. Scenen är utrustad med ett heltäckande sprinklersystem, brandgasventilation, detektorer på olika nivåer och handbrandsläckare. Det i kombination med att en rökridå finns och skyddar personer som befinner sig i salongen leder till att konsekvensen för en brand på scen anses liten.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 2

### **B. Brand i salong (entréplan)**

Salongen inhyser ett stort antal personer under olika typer av evenemang. Vid vissa evenemang förekommer möblering som kan innebära blockerade utrymningsvägar varpå konsekvensen för brand i salong anses mycket stor. Eftersom lokalen är publik och innefattar en del teknik anses sannolikhet för en brand vara hög. Salongen är utrustad med sprinklersystem men eftersom dessa är högt belägna kommer de troligtvis inte påverka det tidiga skedet av brandförloppet.

Sannolikhet: 4                      Konsekvens: 5

### **C. Brand i garderob (entréplan)**

I samband med föreställning kan brandbelastningen i respektive garderob bli stor och bestå av material som ger mycket snabba brandförlopp med hög effekt (Karlsson & Quintiere, 2000). Garderoberna är alltid bemannade och dessutom utrustade med detektorer vilket möjliggör en tidig detektion. Dock anses garderobernas geometri med trånga utrymmen, snedtak och möjlighet för brandgaser att snabbt ackumuleras kunna orsaka svårigheter att släcka en brand både manuellt och med sprinkler. Eftersom garderoberna ligger i en publik del där personer naturligt ansamlas anses konsekvensen av brand i garderob vara stor. Garderoberna är relativt lättillgängliga för en stor mängd besökare samt innehåller en stor mängd brännbart material vilket gör att sannolikheten för brand därför anses vara medel.

Sannolikhet: 3                      Konsekvens: 4

### **D. Brand i kök (entréplan)**

I köket finns många olika antändningskällor och sannolikheten för brand i kök anses hög. Köket anses ha ett bra brandskydd med konventionellt sprinklersystem samt punktsprinkler över utsatta köksredskap samtidigt som brandbelastningen är låg. Personalen i köket har god lokalkännedom och en brand i kök anses inte påverka gästerna i matsalen varpå konsekvensen av brand i kök anses liten.

Sannolikhet: 4                      Konsekvens: 2

### **E. Brand i matsal (entréplan)**

I matsalen förekommer stora mängder brännbart material i form av tygdraperier, bord, stolar samt diverse bordsdekorationer. Kombinationen av en hög brandbelastning, förekomsten av levande ljus samt att det är en publik lokal gör att sannolikheten för brand bedöms vara hög. På grund av matsalens kulturminnesmärkta glastak finns inget sprinklersystem installerat och

en brand som inte upptäcks i tid och släcks manuellt kommer förmodligen inte kontrolleras eller släckas. Ur utrymningsynpunkt är det noterbart att utrymningslarmet i matsalen utgörs av sirener och blyxtljus till skillnad från andra delar av byggnaden där det är talat meddelande. Huruvida det fördröjer reaktionstiden för de upp mot 270 personer som befinner sig i matsalen kan diskuteras. Vidare förekommer brännbart material nära utrymningsvägar vilket kan försämra utrymningsmöjligheten. Sammantaget bedöms konsekvens för brand i matsal vara stor.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 4

#### **F. Brand i festvåning (plan 1)**

Festvåningen är en lokal med öppen planlösning där sällskap på upp till 100 personer kan vistas. Mängden brännbart material varierar beroende på tillställning men är av samma typ som i matsalen. Förekomsten av levande ljus samt att det är en publik lokal gör att sannolikheten för brand bedöms medel. Denna nivå är lägre än i matsalen som är en likvärdig lokal som festvåningen men hänsyn tas till att lokalen inte används i samma utsträckning och att färre antal personer befinner sig i lokalen. Då lokalen är utrustad med både rökdetektorer, sprinklersystem samt flera utrymningsvägar på en begränsad grupp människor bedöms utrymningsmöjligheterna vara goda och konsekvensen av brand medel.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

#### **G. Brand i Ernst Rolfs Loge (entréplan)**

Ernst Rolfs Loge är en loge för privata middagssällskap på upp till 12 personer. Utrymmet har en viss brandbelastning med bord, stolar och dekorationer men eftersom utrymmet är begränsat samtidigt som det är utrustat med rökdetektorer och sprinklersystem anses en brand inte kunna nå någon större omfattning. Det finns personal tillgänglig för middagssällskapet vilket förbättrar chanserna för en tidig upptäckt och utrymning i samband med brand. Tillgången på utrymningsvägar bedöms vara tillfredsställande för det begränsade antalet gäster och konsekvensen för brand i Ernst Rolfs loge anses därmed vara medel. Sannolikheten för brand anses något mindre än i matsalen på grund av det begränsade antalet personal samt färre antändningsrisker och sätts därför till låg.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

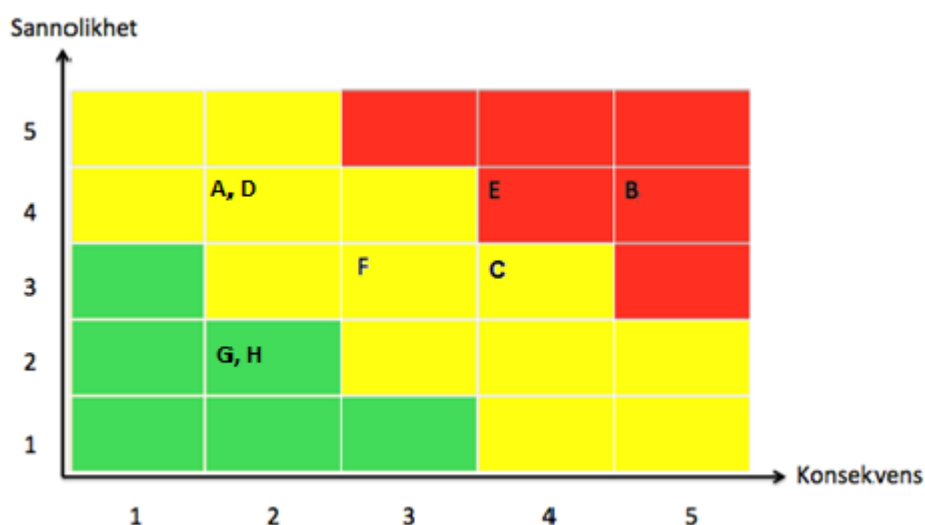
## H. Brand i Champagnerummet (entréplan)

Champagnerummet bedöms i likhet med Ernst Rolfs Loge och sannolikhet och konsekvens för scenarierna anses lika.

Sannolikhet: 2                      Konsekvens: 2

### 6.3 Val av brandscenarier

Grovanalysen sammanfattas och en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario presenteras i form av en riskmatris, se Figur 21.



Figur 21. Riskmatris där sammanvägningen av sannolikhet och konsekvens kan utläsas.

Med utgångspunkt i riskmatrisen väljs de scenarier som har högst sammanvägning av sannolikhet och konsekvens ur utrymningsynpunkt. De scenarier som väljs för djupare analys är:

- Brand i salongen (B)
- Brand i garderob (C)
- Brand i matsal (E)

Grovanalysen har en bred grund och ser endast till risk för brand i startutrymmen och fokuserar inte på specifika föremål eller händelser. Efter att kritiska startutrymmen valts görs en noggrannare analys av respektive utrymme för att hitta ett dimensionerande brandscenario som täcker in andra scenarier samt utmanar system och utrymningsmöjligheter. En djupare analys av respektive scenario ges i kapitel 7-9.

## 7. Scenario B- Brand i salong

Det förekommer många olika typer av evenemang i lokalen med flera olika möjliga möbelkonfigurationer och ett varierande personantal som följd. De olika typer av evenemang som övervägs vid valet av dimensionerande brandscenario i den vidare analysen är:

- Konsert med stående parkett, 1750 personer
- Föreställning med sittande parkett, 1600 personer
- Middag med uppdukade bord på huvudscen och parkett, 700 personer
- Kongress med uppdukade bord på huvudscen och delvis på parkett samt ett mindre scenbygge till föredrag på parkett, 700 personer

Utifrån vad som kan vara mest kritiskt ur utrymningssynpunkt och därmed påverka personsäkerheten väljs scenariot med kongress. Detta eftersom det är ett relativt högt personantal samtidigt som brandbelastningen i lokalen kan vara hög på grund av den rekvisita som används. Det mindre scenbygget innebär att ett tygdraperi samt en projektorduk spänns upp vilket delar av rummet och begränsar antalet tillgängliga utrymningsvägar. Till följd av detta kan utrymning ta längre tid trots färre personantal vilket i samband med högre brandbelastning än normalt leder till ett värsta troligt fall. Den dimensionerande branden antas starta i delar av rekvisitan, se Figur 22.



Figur 22. En exempeluppställning i salongen vid kongress (Cirkus, 2013).

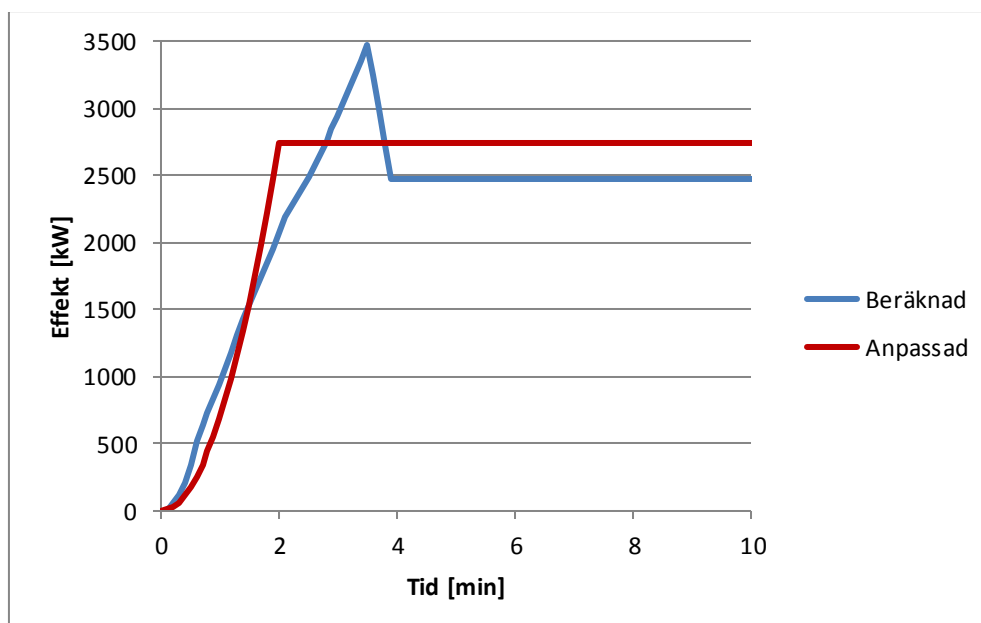
Salongen är utrustad med ett heltäckande detektions- och sprinklersystem, men eftersom lokalen utgör en stor volym bör det innebära en relativt sen aktivering. Eftersom lokalen är överblickbar bör branden upptäckas tidigt av personerna som befinner sig i lokalen, varpå utrymning kan påbörjas innan branden detekteras av brandlarmet.

För att representera ett värsta troligt fall antas branden få växa obehindrat utan släckinsats från personal. Dessutom förhindras brandgasventilering via scenhuset till följd av rökridån som avskärmar salong och scenhus från varandra.

## 7.1 Dimensionerande brand

Branden i salongen antas starta på grund av ett elfel i någon av de många kablar som finns dragna vid kongresscenen. Antändning sker först i en hög kartonger som antas vara placerade kring det lilla trähuset, se Figur 22. Kartongerna förutsätts innehålla diverse pappersprodukter som konferensmaterial och evenemangsprogram. Branden sprids till det närliggande trähuset och slutligen till det avskärmande draperiet. Förloppet som beskrivs antas representera många olika uppsättningar av rekvisita.

Den dimensionerande brandens effektutvecklingskurva samt den approximation som används vid simulering presenteras i Figur 23. De antaganden och beräkningar som ligger till grund för denna återfinns i bilaga C.2 *Effektutveckling för brand i salongen*.



Figur 23. Effektutveckling för den dimensionerande branden i salongen vid kongress.

Vid simulering av sprinkleraktivering i CFAST framgår det att sprinklern aktiveras efter 6,5 minuter, se Bilaga D – CFAST. På grund av att utrymningen av salongen troligtvis sker



snabbare än så har tid till de kritiska förhållandena beräknats utifrån en effektutveckling ej påverkad av sprinkler.

## 7.2 Tid till kritiska förhållanden

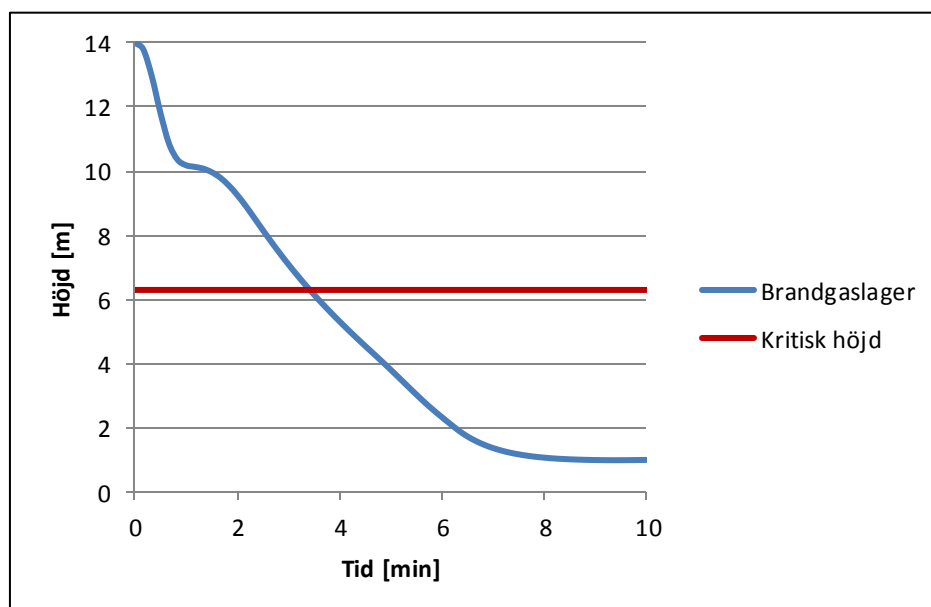
För att avgöra tid till kritiska förhållanden används programmet CFAST, se *Bilaga D – CFAST*. Under simuleringstiden uppnår aldrig temperaturen i brandgaslagret 80 °C och blir därmed aldrig kritisk. Värmestrålningen från brandgaslagret överstiger aldrig 1 kW/m<sup>2</sup> varpå varken värmestrålning eller värmedos kommer nå kritiska nivåer.

Kriteriet för kritisk höjd till brandgaslagret beräknas enligt:

$$z = 1,6 + (0,1 \cdot \text{Höjden av rummet})$$

Detta skulle innebära att brandgaslagret når en kritisk höjd i salongen vid en höjd på 3 meter. I och med att läktaren når upp till en höjd på 7,5 meter och människor därmed kan befinna sig på en höjd över 3 meter anses inte denna höjd giltig för detta scenario. Kritisk höjd beräknas istället med samma formel fast med golvnivå satt till att vara nivån för den översta belägna utrymningsvägen. Golvnivån blir då utifrån uppskattning av ritningar på en höjd av 3,7 meter. I och med detta beräknas den kritiska höjden till att vara 6,3 meter.

Enligt simulering sjunker brandgaslagret till en kritisk höjd på drygt 3,3 minuter, se Figur 25.



Figur 24. Diagram över brandgaslagrets höjd vid olika tidpunkter.

Enligt simuleringen uppnås aldrig en kritisk sikt. I CFAST är dock förhållanden som påverkar utdata för sikt förinställda. Eftersom dessa inte går att anpassa efter de material som antas

brinna i salongen blir utdata något missvisande. Utdata anses därmed inte som ett tillräckligt säkert underlag för att säkerställa att inte kritiska förhållanden uppnås vad gäller sikt.

Till följd av att parametrarna för beräkning av sikt inte kunnat situationsanpassats samt att brandgaslagret sjunker så pass lågt i förhållande till personers eventuella placering anses kritiska förhållanden uppnås endast genom brandgaslagrets låga höjd. Därmed bedöms personsäkerheten inte kunna säkerställas vid brand i salongen.

I Tabell 5 sammanfattas huruvida kritiska förhållanden uppnås i salongen.

**Tabell 5. Tider till kritiska nivåer uppnås i salongen.**

<b>Kritiskt förhållande</b>	<b>Kriterium</b>	<b>Tid till kritiskt förhållande [min]</b>
<b>1. Brandgaslagrets nivå över golv</b>	6,3 m	3,3
<b>2. Sikt</b>	10 m	-
<b>3. Strålning</b>	2,5 kW/m <sup>2</sup>	-
<b>4. Värmedos</b>	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	-
<b>5. Temperatur</b>	80°C	-

- Uppnås inte under simuleringstiden

## 7.3 Utrymning

I följande kapitel presenteras och motiveras de valda tiderna för de tre faserna som utrymningsmodellen bygger på.

### 7.3.1 Varseblivning

Enligt BBRAD bör varseblivningstiden för en person som ser branden inte vara kortare än 30 sekunder (Boverket 3, 2013). Eftersom majoriteten av publiken förväntas ha uppmärksamheten riktad mot kongressscenen kommer de i ett tidigt skede ha möjlighet att både se branden och uppfatta dess signaturer.

Då detektionstiden simulerades i CFAST erhöles aktiveringstider av rökdetektorer som översteg 30 sekunder. Därmed väljs 30 sekunder som varseblivningstid eftersom personerna förväntas se branden. Eftersom branden vid denna tidpunkt har nått en påtaglig effekt kan denna tid anses värsta troliga för scenariot.

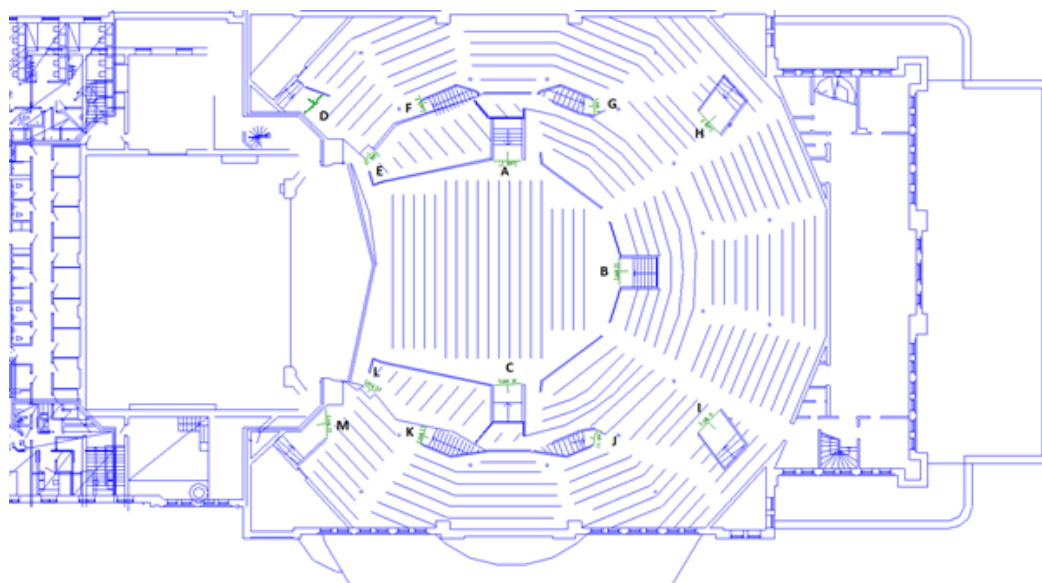
### 7.3.2 Förberedelse

Enligt rapporten *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler* kan förberedelsetiden vid talat meddelande på teatrar ansättas till två minuter. Denna tid förutsätts gälla under en teaterföreställning där många människor befinner sig samtidigt och har uppmärksamheten riktad mot en scen. Det förutsätts att hänsyn tas till beteendet att ingen vill ta första steget till utrymning för att riskera att göra bort sig inför andra (Abrahamsson, 1997). Dock gäller denna tid då branden inte är synlig, vilket gör att en reduktion av tiden bedöms rimlig då samtliga personer befinner sig i brandrummet och har sin koncentration riktad mot scenen där branden uppkommer. Enligt BBRAD rekommenderas en förberedelsetid till att vara en minut i offentlig miljö, varuhus, skola och butik då branden går att se (Boverket 3, 2013).

Sammanfattningsvis ansätts förberedelsetiden till 1,5 minut. Detta värde anses som värsta troligt då det kan förväntas att personer tar snabbare beslut vid ansamling av brandgaser i taket. Det rekommenderade värdet från BBRAD bedöms inte tillräckligt konservativt för aktuellt scenario.

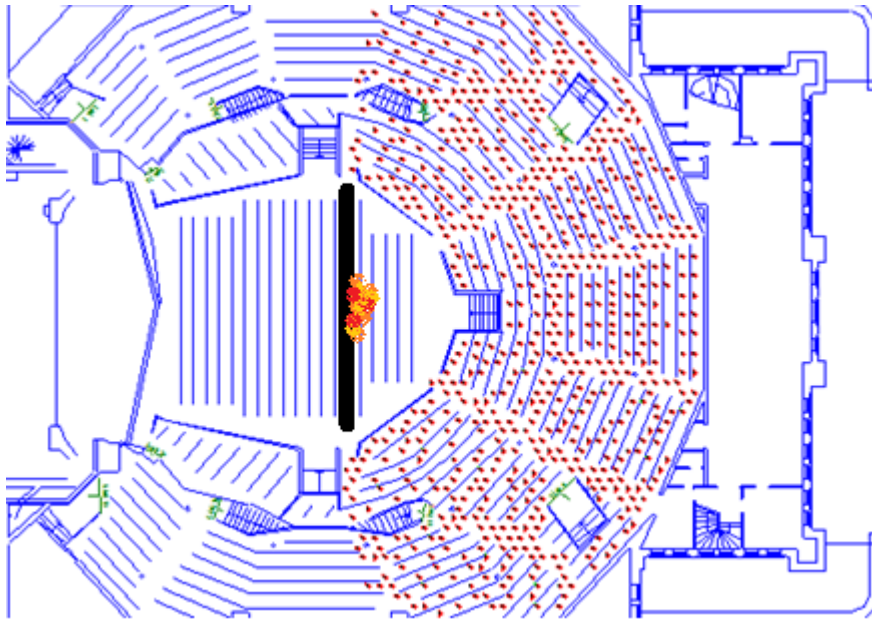
### 7.3.3 Förflyttning

Den tid det tar för gästerna att lämna brandrummet och sätta sig i säkerhet beräknas med hjälp av simuleringar i Simulex. I scenariot tillåts utrymning ske genom samtliga dörrar förutom de vid salongsgolvet, se Figur 25. Dörrarna A, B och C bedöms vara otillgängliga på grund av avskärmningen av salongen samt att personerna inte förväntas vilja passera eller närma sig branden. I scenariot har utrymningstiden bestämts för att 700 gäster på kongressen ska utrymma, se bilaga *F.1 Salongen*.



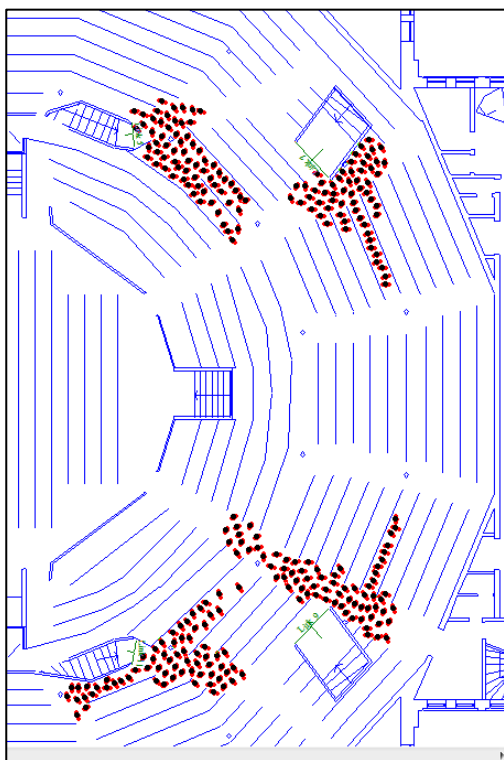
Figur 25. Ritning över befintliga utrymningsvägar i salongen.

I Figur 26 visas hur personerna är utplacerade i programmet för att simulera tid för förflyttning.



Figur 26. Placering av personerna vid kongress, där det svarta strecket motsvarar det avdelande draperiet och de röda prickarna motsvarar personer. Brandens placering visualiseras även i bilden.

I Figur 27 visas hur personer, enligt Simulex, köar vid utrymningsvägarna två minuter efter att förflyttning påbörjats.



Figur 27. Illustration över hur personer köar efter 2 minuter.

Förflyttningstiden för samtliga gäster simulerades till cirka 4 minuter.

### 7.3.4 Utrymningstid

Nedan sammanställs tidsmarginalerna för scenariot brand i salongen. I Tabell 6 presenteras tiden för utrymning av salongen.

Tabell 6. Tid för utrymning av salongen.

Varseblivningstid [min]	Förberedelsestid [min]	Förflyttningstid [min]	Tid för utrymning [min]
0,5	1,5	4	6

### 7.4 Bedömning av personsäkerhet

Genom att jämföra utrymningstiden med tiden då kritiska förhållanden uppnås sammanställs tidsmarginalerna för utrymning vid brand i salong. I Tabell 7 redovisas resultatet för tidsmarginalen. Det kritiska förhållandet som medför en negativ tidsmarginal är brandgaslagrets höjd.

Tabell 7. Tidsmarginal vid utrymning av salongen.

Kritiskt förhållande	Tid till kritiskt förhållande [min]	Tid för utrymning [min]	Tidsmarginal [min]
1. Brandgaslagrets nivå över golv	3,3	6	- 2,7

### 7.5 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys görs för att se hur stort utslag på slutresultatet en viss procentuell ändring av ingående parametrar har. För att få en uppfattning av respektive parameters betydelse för slutresultatet beräknas procentuell tidsförändring för en 25-procentig parameterändring i både ökande och minskande led. Resultatet för utrymningstiden presenteras i Tabell 8.

Tabell 8. Resultterande procentuell tidsförändring vid respektive parameterändring.

Ingående parameter	Ursprunglig tid [s]	Förändring med 25 % [s]	Tidsförändring [%]
Varseblivning	30	± 8	± 2
Förberedelse	90	± 23	± 7
Förflyttning	245	± 61	± 17
Personantal	245 (700 personer)	+ 60 (875 personer) - 55 (525 personer)	+ 16 - 15

Ur tabellen kan utläsas att förflyttningstiden samt personantal har störst procentuell påverkan på resultatet. I ett scenario där en eller flera dörrar blockeras eller på annat sätt inte kan utnyttjas har det en markant påverkan på totala utrymningstiden. Även personantal har betydelse för utrymningstiden och därmed stor påverkan på totala utrymningstiden.

Vid kontroll av ingående parametrar som påverkar tid till kritiska förhållanden görs även där en 25-procentig förändring av parametrarna för branden. Tillväxthastigheter är standardiserade i fyra steg enligt NFPA, från ”slow” till ”ultra fast” (Karlsson & Quintiere, 2000). En analys görs för att visa hur resultatet påverkas då tillväxthastigheten ändras från ”ultra fast” till ”fast” och minskas med 25 %. Resultatet för tid till kritiska förhållanden presenteras i Tabell 9.

**Tabell 9. Resultaterande tider till kritiska förhållanden vid val av tillväxthastigheter och maximala effekter där kritiska förhållanden är då höjden på brandgaslagret är 6,3 meter. Den fetstilta raden motsvarar ursprungliga värden.**

<b>Tillväxthastighet [kW/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Maxeffekt [kW]</b>	<b>Tid till kritiska förhållanden [s]</b>	<b>Tidsförändring [%]</b>
<b>0,19 (”ultra fast”)</b>	<b>2736</b>	<b>200</b>	<b>-</b>
0,1425 (- 25 %)	2736	210	+ 5
0,047 (”fast”)	2736	250	+ 25
0,19 (”ultra fast”)	3420 (+ 25 %)	200	0
0,19 (”ultra fast”)	2052 (- 25 %)	215	+ 7,5

Ur tabellen kan läsas att en förändring av brandens maximala effekt inte har någon större påverkan på resultatet. Vidare ses att förändring av tillväxthastigheten ger stort utslag på resultatet då det sänks till ”fast” men har mindre betydelse då den sänks med 25 %.

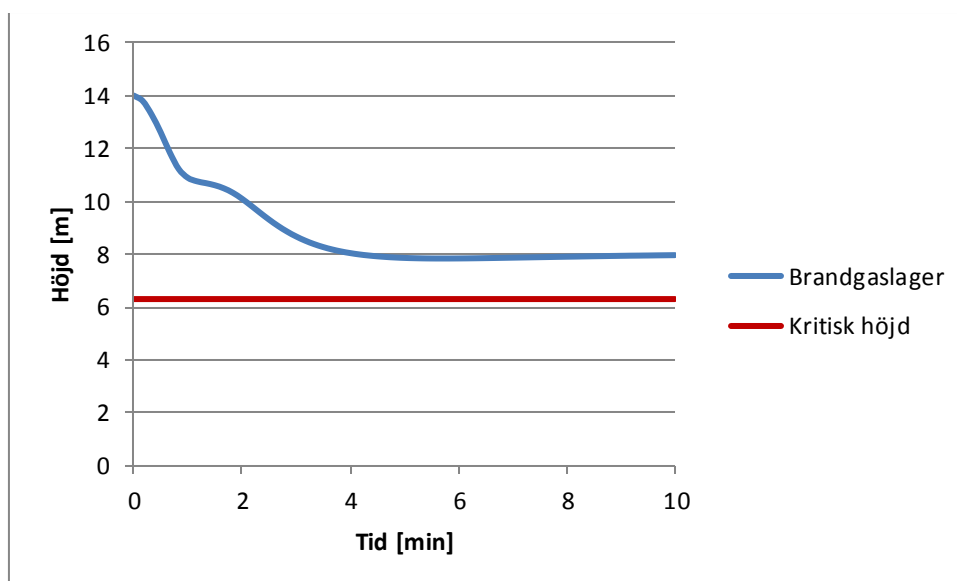
## 7.6 Åtgärder

Eftersom den beräknade tidsmarginalen blir negativ och personsäkerheten inte kan säkerställas krävs åtgärder. Antingen kan åtgärder utföras så att utrymningstiden förkortas eller så att tiden till kritiska förhållanden förlängs.

Utifrån känslighetsanalysen framgår att utrymningstiden är den parameter som har störst påverkan på resultatet. För att minska denna kan åtgärder för att förkorta någon av de tre faserna som ingår i begreppet tid för utrymning göras. Då hänsyn redan tagits till att branden är synlig varpå varseblivning bedömts ske snabbt samt att personal är instruerad att hjälpa till vid utrymning varpå reaktionstiden förkortas anses inte dessa gå att påverka nämnvärt. Den

resterande delen, tid för förflyttning, kan förkortas genom att öka antalet tillgängliga utrymningsvägar i scenariot. Antingen genom att förhindra blockering av utrymningsvägar genom scenuppsättningar likt den i aktuellt scenario eller genom att öka antalet utrymningsvägar i lokalen. Dessa åtgärder anses orsaka stora ingrepp på byggnad och verksamhet och därmed diskuteras i första hand åtgärdsförslag som förlänger tid till kritiska förhållanden. För att åtgärda problemet med att brandgaslagret sjunker till kritisk nivå innan personer hunnit utrymma identifieras möjliga åtgärder som ska fördröja att brandgaslagret sjunker lägre än 6,3 meter.

En möjlig åtgärd är att hålla brandgaslagret på en rimlig nivå genom att utnyttja den befintliga brandgasventilationen i scenhuset. För att kontrollera huruvida denna åtgärd är tillräcklig görs en ny simulering i CFAST där scenhuset med dess rökluckor har adderats till befintlig salongsbyggnad, se *Bilaga D - CFAST*. Efter simulering konstateras att brandgaslagret stabiliseras på en höjd av cirka 8 meter vilket innebär att kritisk höjd inte uppnås under utrymningstiden, se Figur 28.

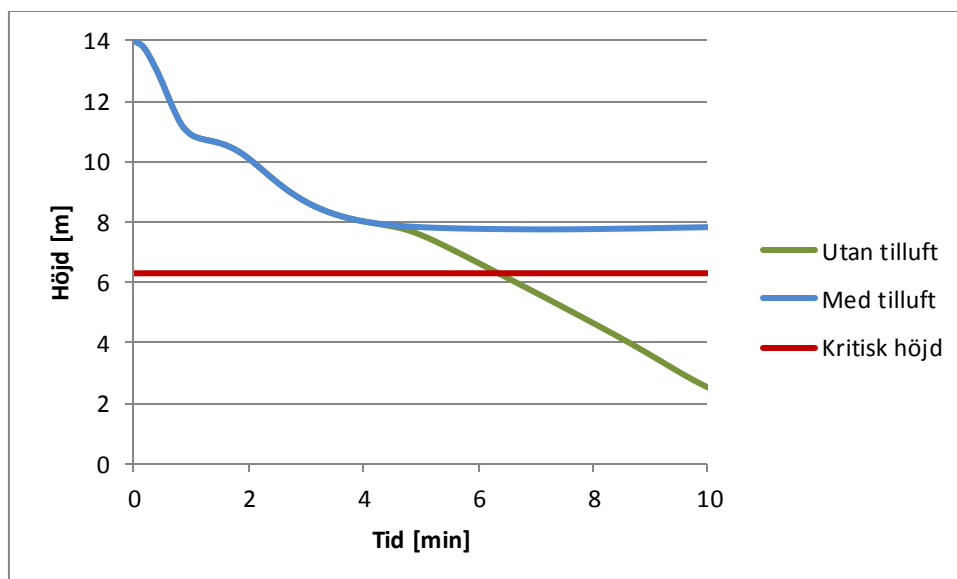


Figur 28. Diagram över brandgaslagretshöjd med ventilering via scenhusets brandgasluckor.

### 7.6.1 Verifiering av åtgärder

För att brandgasventilationen ska fungera korrekt krävs tillräckligt med tilluft. En kontroll görs huruvida befintliga öppningar för tilluft uppfyller kraven. I dagsläget finns två tilluftsintag i scenhuset men till följd av kommande utbyggnad kommer en av dessa att blockeras. Därmed utförs simulering där endast ena porten, med arean 16 m<sup>2</sup>, är tillgänglig. Denna simulering benämns *Med tilluft* i Figur 29.

I Figur 29 presenteras brandgaslagrets höjd då brandgasluckorna är öppna och antingen ingen tilluft finns att tillgå eller ovan nämnda port är öppen.



Figur 29. Sammanställning av hur brandgaslagrets höjd varierar beroende på tilluftsförhållanden där *Med tilluft* motsvarar endast en öppen port och *Utan tilluft* motsvarar att inga dörrar är öppna.

Som kan utläsas ur figuren ger porten tillräckligt med tilluft för att hålla brandgaslagret över den kritiska höjden. Finns ingen tilluft att tillgå kommer brandgaslagret fortsätta sjunka men då scenhusets rumsvolym adderats tar det längre tid att rökfylla lokalen och kritiska nivåer uppnås inte förrän efter drygt 6 minuter.

## 7.7 Diskussion

Branden i salongen är vald utifrån information om hur scenuppbyggnad under en kongress kan se ut samt vilka föremål som kan förekomma. Brandens effektkurva är en sammansättning av beräknad effekt för olika föremål vilket ger utrymme för flera osäkra faktorer. Bland annat har storlek på respektive föremål approximerats varpå brandbelastningen som ingår i scenariot endast kan anses representativ. Känslighetsanalysen visar dock att en variation av brandens maximala effekt har mindre betydelse för resultatet vilket ökar utrymmet för eventuell felbedömning av möjlig brandbelastning.

Vidare har information om effektutveckling för respektive föremål hämtats från försök som skiljer sig något från det aktuella fallet vilken innebär att ytterligare osäkerheter kring effektutveckling tillförs. I scenariot anpassades tillväxthastigheten till "ultra fast", vilket anses representativt. I känslighetsanalysen framgår det att trots en sänkning av tillväxthastigheten till "fast" blir resultatet en negativ tidsmarginal varpå bedömningen görs att även mindre allvarliga bränder i salongen kräver att åtgärder vidtagits.



Simuleringsmodellen som valts för detta scenario är en tvåzonsmodell vilket innebär vissa begränsningar. Till exempel uppfyller inte branden rekommendationen för förhållande mellan rummets storlek och brandens effekt. Däremot kan resultatet i denna uppställning anses tillräckligt trovärdigt då ett experiment med ett sämre storleksförhållande har utförts och resultatet från simulering av detta ansetts tillräckligt representativt (Peacock, et al., 2011). En ytterligare begränsning är att programmet inte tar hänsyn till balkongplymen som bildas då brandgaser lämnar salongen och stiger mot taket i scenhuset. Huruvida det leder till en markant skillnad gällande ventilering av brandgaser i ett verkligt scenario jämfört med det simulerade scenariot är svårt att avgöra, men det anses dock inte ha någon signifikant påverkan på slutresultatet. Detta då scenhusets volym är så pass stor att effekten med fördröjd sänkning av brandgaslagret i salongen ändå uppnås.

Andra förenklingar görs gällande salongen och scenhusets geometri. Fokus har legat på att behålla samma rumsvolym då det är av störst betydelse vid beräkning av rökfyllnad. Trots att rumsvolymer behålls blir resultatet mindre noggrant än om verkliga geometrin hade använts vid simuleringen. Bland annat ses ett avtagande av brandgaslagrets sänkning när de nått en höjd på 12 meter. Detta kan förklaras av att rökgaserna i modellen nått ner till läktarområdet och fördelar rökgaserna över en större takyta, se *Bilaga D – CFAST*. Detta leder till att nivåerna på brandgaslagret endast blir en fingervisning men ändå ger en bra uppfattning av behov av åtgärder samt effekten av dessa.

Ovanstående problem kunde delvis ha lösts genom att använda FDS vid simuleringarna. Dock bedömdes att tillgänglig tid för uppbyggnad av geometrin och simulering inte var tillräcklig. Om analysen hade gjorts om skulle FDS ha använts för detta scenario.

Val av åtgärd sattes till att främst undersöka alternativ som minskar tid till kritiska förhållanden. Detta eftersom åtgärder inom det området ansågs ha mindre påverkan på verksamheten samt befintlig byggnad. En notering görs dock att antal personer har stor påverkan på personsäkerheten i utrymningsscenariot. Därmed bör möblering som kan leda till blockering av befintliga utrymningsvägar undvikas för att ytterligare förbättra förutsättningarna för hög personsäkerhet under utrymning.

Den tänkta tilluften för brandgasventilering av scenen öppnas i dagsläget manuellt. För att brandgasventilationen av scenen ska fungera måste porten för tilluft öppnas vid en eventuell brand på scenområdet. Trots att det finns en speciell personalorganisation för scenhuset som

ansvarar för att öppna porten finns det alltid en risk att det inte görs. Därför finns det skäl att även installera automatisk öppning av porten.

En faktor som är viktig att tänka på vid naturlig brandgasventilation är vindpåverkan. Då en av tilluftsportarna kommer att tas bort kommer brandgasventilationen att bli känsligare för vindpåverkan. Om tilluftsporten är placerad på läsidan av byggnaden kommer den naturliga brandgasventileringen att få en motsatt effekt. För att undvika detta problem kan mekanisk brandgasventilation installeras. Dock har även denna nackdelar eftersom den är beroende av exempelvis att detektionssystemet och fläkten fungerar.

Åtgärden med att rökridån ska inaktiveras under vissa tillställningar medför att nya rutiner krävs för att säkerställa personsäkerheten. Därmed är det viktigt att det tydliggörs vem som har ansvar för detta. Ett sätt att genomföra åtgärdsförslaget är att styra rökridån med detektionssystemet. Om första detektorn som aktiveras är placerad i salongen ska rökridån inte sänkas ner även om en detektor i ett senare skede detekterar i scenhuset. Skulle däremot den första detektorn som aktiveras vara placerad i scenhuset ska rökridån sänkas ner.

## 7.8 Slutsats

För att uppfylla personsäkerheten i händelse av brand *ska* följande åtgärder genomföras:

- Inaktivera rökridån vid evenemang på salongsgolvet.
- Säkerställ att tillräcklig tilluft finns för brandgasventilationen i scenhuset.

För att förbättra personsäkerheten i händelse av brand *bör* följande åtgärder genomföras:

- Minimera mängden brännbart material på salongsgolvet.
- Undvika att skymma utrymningsvägar under evenemang i salongen.
- Automatiskt öppnande av tilluftsporten.

## 8. Scenario C- Brand i garderob

I följande kapitel behandlas scenariot där brand utbryter i någon av garderoberna i ryttargången.

Vid evenemang kan publikantalet uppgå till 1750 personer och respektive garderob förutsätts därmed ha en kapacitet för 875 jackor. För att få värsta troliga fall antas branden starta precis innan en föreställning när garderoben är full och relativt många personer kan befinna sig i ryttargången. Dörrarna närmast garderoberna, vilka leder till salongen, är uppställda innan evenemang varför risk för brandgasspridning till salongen finns.

Samtidigt är salongen fylld med ett stort antal gäster vilkas utrymningsmöjligheter begränsas i och med att utrymningsvägar som leder ut till mittendelen av ryttargången inte kan utnyttjas. I scenariot antas 1650 personer befinna sig inne i salongen och 50 personer befinna sig utspridda i ryttargången och på toaletterna. Garderoben är utrustad med rökdetektorer samt sprinkler. I Figur 30 visas brandens placering samt en del av ryttargången.

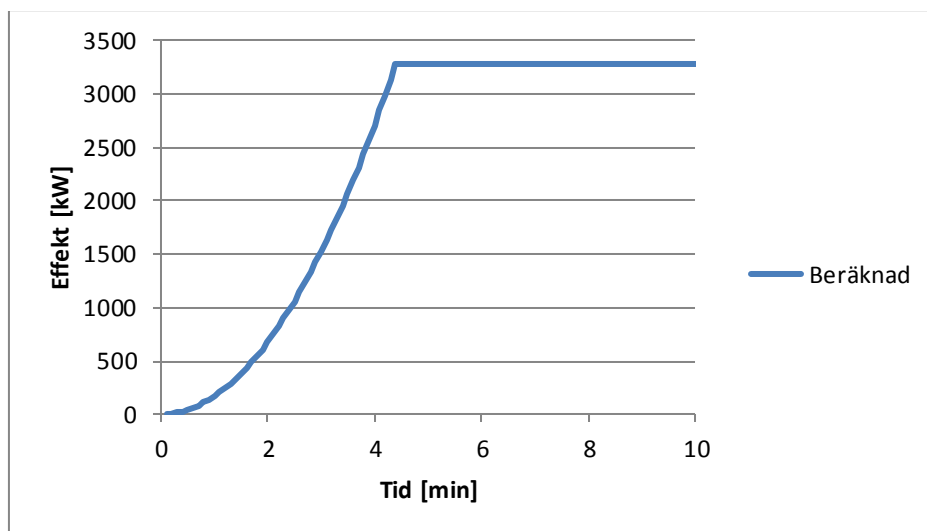


Figur 30. Bilden visar vart branden antas starta samt vilken utrymningsväg som blockeras för personerna i salongen.

För att få ett värsta troligt scenario startar branden längst in i garderoben där den är relativt dold och möjligheten för personalen att upptäcka den i ett tidigt skede är begränsad. Vidare ska personalen enligt rutinerna fokusera på att få gästerna att utrymma istället för att försöka släcka branden, se *Bilaga B – Rutiner*.

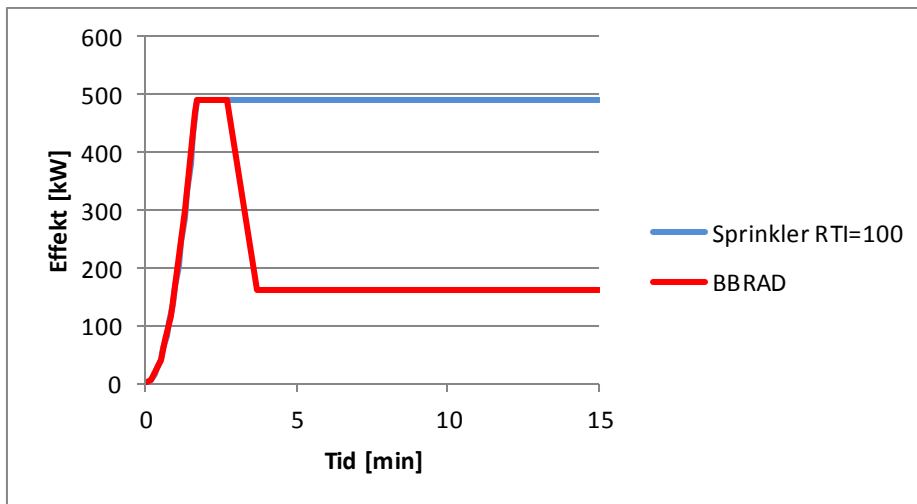
## 8.1 Dimensionerande brand

Branden i garderoben antas starta på grund av exempelvis ett tekniskt fel eller att något varmt föremål förvaras i kläderna. Garderoben antas vara fylld med den maximala kapaciteten på 875 jackor, vilka samtidigt inverkar i brandförloppet. Då jackorna hänger mycket tätt förväntas branden spridas mellan jackorna via flamspridning. I Figur 31 presenteras effektutvecklingskurvan för branden i garderoben. De antaganden och beräkningar som ligger till grund för denna presenteras i bilaga C.3 *Effektutveckling för brand i garderoben*.



Figur 31. Beräknad effektutveckling för garderobsbranden.

I Figur 32 nedan presenteras den sprinklerkontrollerade effektutvecklingen. I denna jämförs den handberäknade effektutvecklingen med rekommendationer från BBRAD (Boverket 3, 2013). Aktiveringstid för sprinklersystemet har tagits fram i FDS. Denna tid beräknades till cirka 100 sekunder vid ett RTI på  $100 \text{ (m/s)}^{0.5}$  och en aktiveringstemperatur på  $74 \text{ }^\circ\text{C}$  (Svenska Brandförsvarsföreningen 1, 2001). Eftersom uppgifter om sprinklerhuvudets RTI-värde saknas uppskattas RTI-värdet till  $100 \text{ (m/s)}^{0.5}$ . Till följd av garderobens komplicerade geometri samt att jackorna hänger tätt ihop förväntas sprinkler inte kunna sänka effekten på branden utan istället hålla den på en konstant nivå. Antaganden och beräkningar finns i bilaga C.3 *Effektutveckling för brand i garderoben*.

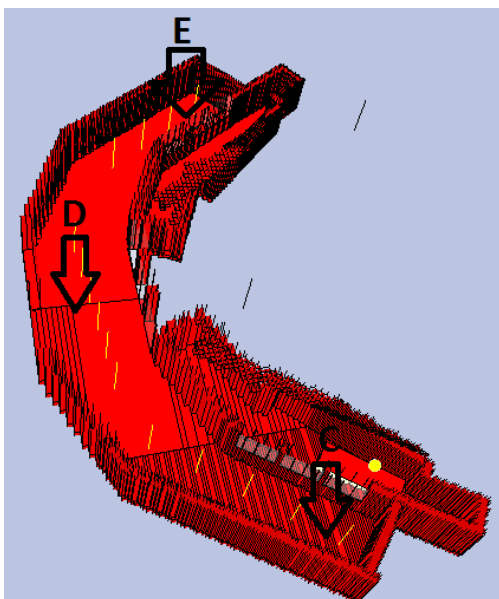


Figur 32. En jämförelse av sprinklerkontrollerad effektutveckling respektive rekommenderad effektutveckling från BBRAD.

## 8.2 Tid till kritiska förhållanden

I Figur 33 visas ryttargången med de tre mätpunkterna och brandens placering som används för att bestämma tidpunkten för kritiska förhållanden i FDS-simuleringarna. Punkterna ska representera platser där flertalet människor förväntas befinna sig någon gång under utrymningsförloppet. I punkt C analyseras huruvida kritiska förhållanden uppnås nära branden. Punkt D representerar den tillgängliga utrymningsvägen och punkt E representerar förhållandet vid den rökavskiljande dörren.

De kritiska parametrarna som mäts är de som nämnts i kapitel 5.2 *Kritiska förhållanden*. För vidare information om simuleringarna hänvisas till bilaga E.2 *Garderob*.



Figur 33. Geometrin som används i FDS-simuleringarna för garderobsbranden med de tre utplacerade mätpunkterna C, D och E. Branden är placerad vid den gula prickens.

Vid brand i garderoben utan sprinkleraktivering uppnås kritiska förhållanden i ryttargången orsakade av brandgaslagrets höjd och siktbegränsning efter 2 minuter på samtliga punkter. I Tabell 10 presenteras vid vilka tidpunkter acceptanskriterierna överskrids.

Tabell 10. Tider till kritiska nivåer uppnås på olika punkter i ryttargången utan sprinkler.

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid C [min]	Tid D [min]	Tid E [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	2	2	1,5
2. Sikt	10 m	1,5	2	1,5
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	4,5	-	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	2,5*	**	**
5. Temperatur	80°C	3	3,5	3,5

- Uppnås inte under simuleringstiden.

\* Kortast möjliga tid till kritisk värmedos. För vidare information se *Bilaga E.2 Garderob*.

\*\* Ingen beräkning för värmedos genomförs då 1 kW/m<sup>2</sup> inte uppnås förrän efter 4-5 minuter.

Vid brand med sprinkleraktivering är det fortfarande brandgaslagrets höjd och sikt som först uppnår kritiska nivåer i ryttargången. Vad gäller strålning, värmedos och temperatur uppnås inte kritiska nivåer. Tiden till kritisk nivå för de tre mätpunkterna presenteras i Tabell 11.

Tabell 11. Tider till kritiska nivåer uppnås på olika punkter i ryttargången med sprinkler för RTI på 100 (m/s)<sup>0,5</sup>

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid C [min]	Tid D [min]	Tid E [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	2	2	1,5
2. Sikt	10 m	1,5	2	1,5
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-
5. Temperatur	80°C	-	-	-

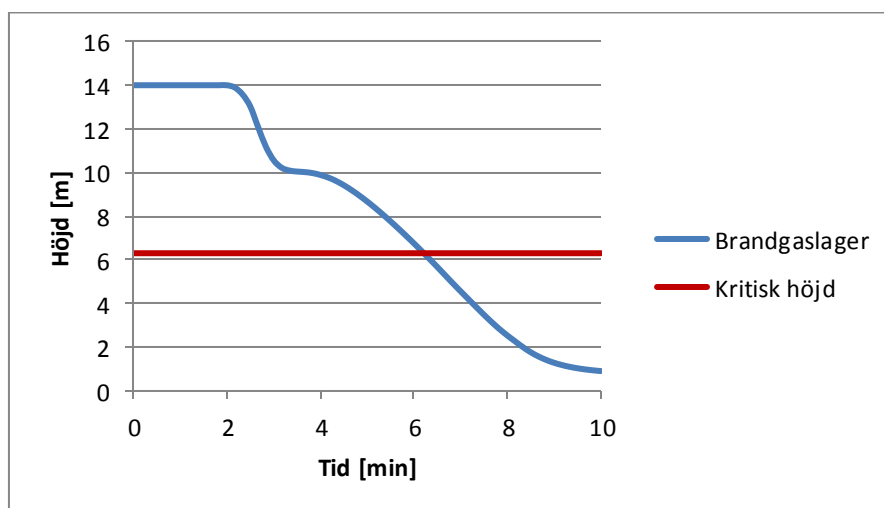
- Uppnås inte under simuleringstiden

Huruvida kritiska förhållanden uppnås inne i salongen till följd av att en dörr mellan salong och ryttargång är öppen kontrolleras. Då branden inte befinner sig i salongen antas inte strålning från varken brand eller brandgaslager leda till kritiska förhållanden. Intressant är att undersöka brandgasfyllnaden och dess eventuella påverkan på personerna i salongen. För att

avgöra huruvida dessa påverkas av brandgaser från garderobsbranden genomförs en simulering i CFAST. I simuleringen placeras en brand inne i salongen med samma egenskaper som för garderobsbranden när sprinklersystemet fallerar. Detta eftersom det antas att höjden på brandgaslagret inte kommer att bli kritiskt vid garderobens sprinklerdämpade brand.

I enighet med scenariot med kongressbranden ansätts kritisk brandgaslagerhöjd till 6,3 m, se 7.2 *Tid till kritiska förhållanden*. Då kritiska förhållanden uppnås efter drygt 4 minuter, vilket är innan utrymningen av salongen är slutförd, jämförs tiden för påbörjad brandgasspridning från ryttargången med rökfyllnad av salongen. Utifrån FDS-simuleringen för garderobsscenarioet konstateras att brandgaser börjar läcka in genom dörröppningen till salongen efter cirka 2 minuter. Brandgaslagrets höjd i salongen bestäms genom att kombinera tiden till kritiska förhållanden med tiden till brandgasspridning in i salongen. I Figur 34 presenteras variationen av brandgaslagrets höjd som tagits fram genom att simulera garderobsbranden i salongen.

I skedet när branden i garderoben flyttas in i salongen är det viktigt att tänka på att förloppet som följer är mycket komplext då många olika faktorer påverkar. Faktorer som balkongplym, temperatur i brandgaserna och inflödande brandgasmängd påverkar huruvida kritiska förhållanden uppkommer i salongen när rökgasfyllnad av ryttargången sker.



Figur 34. Sammanställning av brandgaslagrets höjd i salongen då garderobsbranden placerats i salongen.

### 8.3 Utrymning

I följande avsnitt presenteras och motiveras tiderna för de tre faserna som utrymningsmodellen bygger på. Då garderobsscenarioet påverkar utrymningen för flera delar av byggnaden anges fasernas respektive tid utifrån de gäster som befinner sig i ryttargången

och anslutande toaletter samt salongen. Personerna i ryttargången och på toaletterna tvingas passera brandrummet under utrymning varpå de har störst risk att utsättas för kritiska förhållanden. Risken för personerna i salongen utgörs främst av att dörren mellan ryttargången och salongen står öppen vilket orsakar brandgasspridning in i utrymmet. Sammantaget för ryttargång och toaletter förutsätts att 50 personer befinner sig i dessa rum samtidigt som 1650 personer redan befinner sig i salongen.

### **8.3.1 Varseblivning**

Nedan följer en motivering av de varseblivningstider som bedöms rimliga för personerna i ryttargången och toaletterna samt salongen.

#### **8.3.1.1 Ryttargång och anslutande toaletter**

Respektive garderob ska i samband med föreställningar vara bemannad med tre ur personalen vilka förväntas upptäcka en brand först. Även om gästerna i ryttargången inte direkt ser flammor eller brandgasbildning i ett tidigt skede förväntas dessa bli varse branden av garderobspersonalen. Varseblivningstiden för personer som ser branden bör inte underskrida 30 sekunder enligt BBRAD (Boverket 3, 2013).

De gäster som befinner sig på de anslutande toaletterna i ryttargången förväntas inte kunna uppfatta brandsignaturer lika fort som övriga i ryttargången. Här antas dock gästerna bli varse branden av antingen utrymningslarmet, vilket aktiveras vid detektion efter cirka 30 sekunder, eller av att personalen uppmärksammar dem om situationen. Sammanfattningsvis bestäms därmed varseblivningstiden för garderobsscenario till 30 sekunder, med stöd i att utrymningslarmet förväntas starta och att personal har i uppgift att aktivt göra gästerna uppmärksammade vid brand samt rekommendationer från BBRAD.

#### **8.3.1.2 Salongen**

Personerna i den fullsatta salongen förutsätts bli varse branden via det talade utrymningslarmet. Detta aktiveras i samband med detektion i garderoben och sker efter 30 sekunder.

### **8.3.2 Förberedelse**

Nedan följer en motivering av de förberedelsetider som bedöms rimliga för personerna i ryttargången, toaletterna samt salongen.



### 8.3.2.1 Ryttargång och anslutande toaletter

Enligt BBRAD rekommenderas en förberedelsestid på en minut i offentlig miljö, varuhus, skola och butik då branden går att se (Boverket 3, 2013). Med tanke på att majoriteten av gästerna befinner sig i anslutning till brandrummet och att lokalen är betydligt mindre än exempelvis ett varuhus förväntas de kunna uppfatta branden i ett tidigare skede. Dessutom anger rapporten *En modell av det inledande utrymningsförloppet* att förberedelsestiden vid en tydlig signal, så som direkt perception av brandsignaturer, är 40 sekunder (Nilsson, 2006).

Dock kan personer som befinner sig på toaletterna ha svårare att förstå att det brinner, eftersom de troligen inte kan uppfatta brandsignaturer i samma utsträckning som de i ryttargången. Enligt rapporten *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler* kan förberedelsestiden för talat meddelande alternativt information från personal på teatrar sättas till två minuter (Abrahamsson, 1997). Denna tid förutsätts dock gälla under en teaterföreställning där många människor befinner sig samtidigt och har uppmärksamheten riktade mot scenen. I detta fall är ett vanligt beteende att ingen vill ta första steget till utrymning för att riskera att göra bort sig inför andra, vilket kan resultera i en lång förberedelsestid. Eftersom dessa fördröjande förutsättningar inte bör uppstå i samband med det aktuella scenariot bedöms den föreslagna tiden vara reducerbar. Dessutom finns garderobspersonalen, som har i uppgift att aktivt sätta igång gästernas utrymning, mycket nära till hands vilket gör att en förberedelsestid på 1,5 minut bedöms rimlig att kategorisera som värsta troliga. I denna tid inkluderas då även de personer i ryttargången som rimligtvis redan har påbörjat förflyttningen.

### 8.3.2.2 Salongen

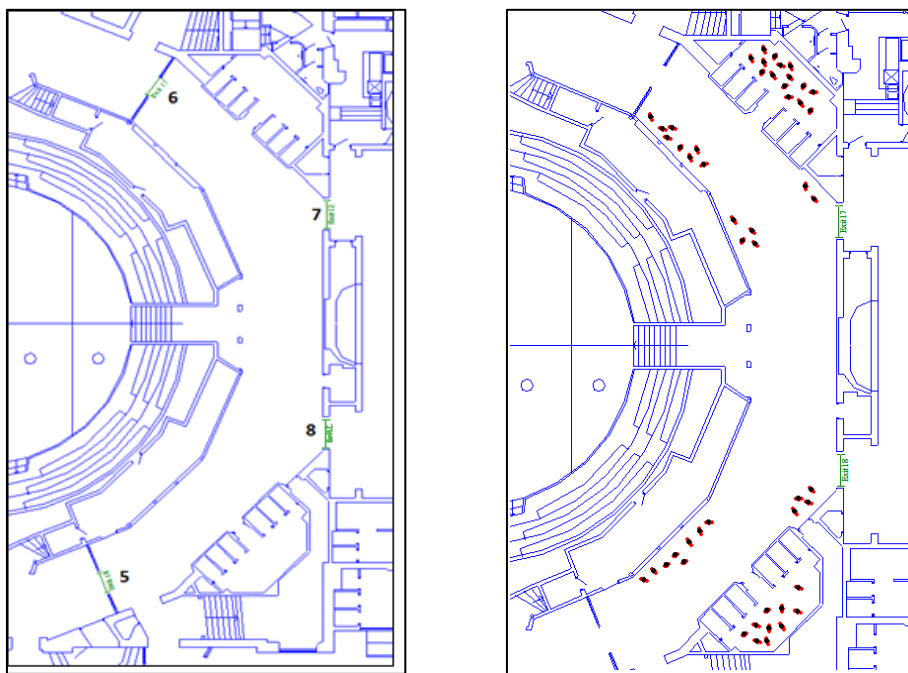
Förberedelsestiden för talat meddelande på teatrar kan sättas till två minuter (Abrahamsson, 1997). Denna tid förutsätts gälla under en teaterföreställning där många människor befinner sig samtidigt och har uppmärksamheten riktade mot scenen. I stora folksamlingar, så som teatersalonger, är det särskilt viktigt med beslutsam personal som agerar för att minska förberedelsestiden (Frantzich, 2001). Då Cirkus har en brandskyddsorganisation, som bygger på att personalen i salongen har tydliga roller för att underlätta utrymning, bedöms denna tid kunna reduceras. Genom att exempelvis öppna utrymningsdörrarna och aktivt engagera gästerna i utrymningen, bedöms en förberedelsestid på 1,5 minut rimlig.

### 8.3.3 Förflyttning

Nedan följer en presentation av den tid det tar för gästerna att förflytta sig från utrymmet och sätta sig i säkerhet beräknade med datorprogrammet Simulex.

#### 8.3.3.1 Ryttargång och anslutande toaletter

De personer som befinner sig i ryttargången alternativt på toaletterna tvingas under utrymning passera brandrummet. De utrymningsvägar som är tillgängliga är markerade med 7 och 8 och visas i Figur 35. Utgång 5 och 6 representerar de rökavskiljande dörrarna som stängs vid detektion, se bilaga *F.2 Garderoben*.

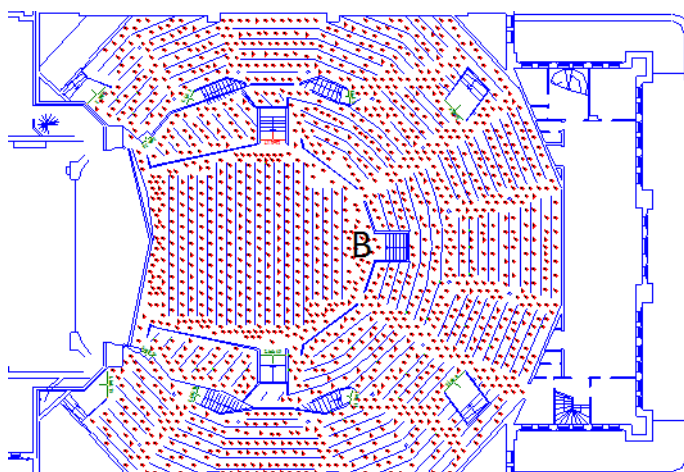


Figur 35. I vänster bild visas utgång 7 och 8 som är tillgängliga utrymningsvägar från ryttargången. Rökavskiljande dörrar anges med 5 och 6. I den högra bilden visas placeringen av personer innan utrymning påbörjas.

Förflyttningstiden för gästerna i ryttargång och från toaletterna är 0,5 minut.

### 8.3.3.2 Salongen

Förflyttningstiden för gästerna i salongen är 6 minuter då utrymningsväg B är blockerad. För vidare information om simulering av förflyttningstid se bilaga *F.2 Garderoben*.



Figur 36. Placering av personer i salongen inför föreställning där B markerar den blockerade utrymningsvägen.

### 8.3.4 Utrymningstid

I Tabell 12 presenteras utrymningstiden från ryttargång och toaletter vid garderobsbranden.

Tabell 12. De tre utrymningsfasernas tid samt total utrymningstid från ryttargång och toaletter.

Varseblivningstid [min]	Förberedelsestid [min]	Förflyttningstid [min]	Tid för utrymning [min]
0,5	1,5	0,5	2,5

I Tabell 13 presenteras utrymningstiden från salongen vid garderobsbranden.

Tabell 13. De tre utrymningsfasernas tid samt total utrymningstid från salongen.

Varseblivningstid [min]	Förberedelsestid [min]	Förflyttningstid [min]	Tid för utrymning [min]
0,5	1,5	6	8

## 8.4 Bedömning av personsäkerhet

Genom att jämföra utrymningstiden med tiden då kritiska förhållanden uppnås sammanställs tidsmarginalerna för utrymning vid garderobsbranden. I Tabell 14 redovisas den kritiska tiden för garderobsbranden utan sprinkleraktivering. De kritiska förhållanden som medför en negativ tidsmarginal är brandgaslagrets höjd och siktbarhet.

Tabell 14. Redovisning av huruvida utrymningen är möjlig innan kritiska förhållanden uppnås utan att sprinkleraktivering sker.

Kritiskt förhållande	Tid till kritiskt förhållande [min]	Tid för utrymning [min]	Tidsmarginal [min]
1. Brandgaslagrets nivå över golv	2	2,5	- 0,5
2. Siktbarhet 2,0 meter över golv	2	2,5	- 0,5

I Tabell 15 redovisas tidsmarginalen för garderobsbranden med sprinkleraktivering. De kritiska förhållanden som medför en negativ tidsmarginal är fortfarande brandgaslagrets höjd och siktbarhet.

Tabell 15. Redovisning av huruvida utrymningen är möjlig innan kritiska förhållanden uppnås då sprinkleraktivering sker.

Kritiskt förhållande	Tid till kritiskt förhållande [min]	Tid för utrymning [min]	Tidsmarginal [min]
1. Brandgaslagrets nivå över golv	2	2,5	- 0,5
2. Siktbarhet 2,0 meter över golv	2	2,5	- 0,5

Som går att utläsa ur Tabell 14 och Tabell 15 kommer personer som utrymmer från ryttargången och toaletterna att utsättas för kritiska förhållanden i avseende på brandgaslagrets höjd samt siktförhållanden. Därmed undersöks åtgärder för att höja säkerheten vid utrymning av ryttargången och anslutande toaletter.

I Tabell 16 redovisas tidsmarginalen för salongen. Den dimensionerande branden är garderobsbranden utan sprinkleraktivering.

Tabell 16. Redovisning av huruvida utrymningen är möjlig innan kritiska förhållanden uppnås i salongen.

Kritiskt förhållande	Tid till kritiskt förhållande [min]	Tid för utrymning [min]	Tidsmarginal [min]
1. Brandgaslagrets nivå över golv	6	8	- 2
2. Siktbarhet 2,0 meter över golv	6	8	- 2

Som går att utläsa i Tabell 16 kommer även personerna i salongen utsättas för kritiska förhållanden varför åtgärder krävs. Eftersom de kritiska förhållandena orsakas av garderobsbranden måste de åtgärder som vidtas leda till att fördröja rökspridningen in i salongen.

## 8.5 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys görs för att se hur stort utslag på slutresultatet en viss procentuell ändring av respektive ingående parameter har. För att få en uppfattning av respektive parameters betydelse för slutresultatet beräknas procentuell tidsändring för en 25-procentig parameterändring i både ökande och minskande led. Resultatet för utrymningstiden presenteras i Tabell 17.

Tabell 17. Tabellen visar på hur stor påverkan en förändring på  $\pm 25\%$  har på den totala utrymningstiden för brand i garderoben.

Ryttargång & toaletter	Ursprunglig tid [s]	Tidsförändring [s]	Tidsförändring [%]
Varseblivning	25	$\pm 6,25$	$\pm 7$
Förberedelse	40	$\pm 10$	$\pm 11$
Förflyttning	30	$\pm 7,5$	$\pm 8$
Personantal	30 (50 personer)	- 5 (38 personer) 0 (63 personer)	- 5 0

Ur tabellen kan utläsas att förberedelsetiden samt förflyttningstiden har störst procentuell påverkan på resultatet. Detta indikerar att det är av stor vikt att dessa tider hålls korta, vilket kan uppnås genom att personalen påskyndar utrymningen.

De parametrar som kontrolleras vid tid till kritiska förhållanden är maximal effekt och tillväxthastighet. Eftersom tillväxthastigheter är kategoriserade i fyra steg, från ”slow” till ”ultra fast”, görs en analys för hur resultatet påverkas då tillväxthastigheten ändras från ”fast” till ”medium” istället för med 25 %. För att se huruvida en förändring av maximal effekt påverkar resultatet används uppmätt effekt från genomförda simuleringar med sprinkleraktivering. Resultatet för tid till kritiska förhållanden presenteras i Tabell 18.

Tabell 18. Tabellen redovisar hur stor påverkan på tid till kritiska förhållanden förändringar på brandens maximala effekt och tillväxthastighet har för brand i garderoben.

Tillväxthastighet [kW/s <sup>2</sup> ]	Maxeffekt [kW]	Tid till kritiska förhållanden [s]	Tidsförändring [%]
0,047 (”fast”)	3200	120	-
0,012 (”medium”)	3200	150	25
0,047 (”fast”)	500	120	0

Från tabellen konstateras att varken sänkt effekt via sprinkleraktivering eller en lägre tillväxthastighet påverkar tiden till kritiska förhållanden.

## 8.6 Åtgärder

Då den beräknade tidsmarginalen blir negativ och personsäkerheten inte kan säkerställas krävs åtgärder. Antingen kan åtgärder utföras så att utrymningstiden förkortas eller så att tiden till kritiska förhållanden förlängs.

Utifrån känslighetsanalysen framgår att utrymningstiden är den parameter som har störst påverkan på resultatet. För att minska denna kan åtgärder för att förkorta någon av de tre faserna som ingår i begreppet tid för utrymning göras. Eftersom förbättrande omständigheter gällande varseblivning och förberedelse redan beaktats bedöms inte dessa kunna reduceras ytterligare. Då det finns tillräckligt med utrymningsdörrar för personflödet och inga köer uppkommer bedöms inte åtgärder för att minska förflyttningstiden ha någon verkan.

Då utrymningstiden inte kan reduceras diskuteras åtgärder för att minska tid till kritiska förhållanden. Som åtgärdsförslag testas sprinkler med ett lägre RTI-värde vilket skulle medföra en snabbare aktiveringstid. I det ursprungliga scenariot sattes RTI-värdet till 100 (m/s)<sup>0,5</sup> medan åtgärdsförslaget analyserar hur en halvering av RTI-värde förändrar tid till kritiska förhållanden. Jämförelse mellan tid till kritiska nivåer och utrymningstid visas i Tabell 19.

Tabell 19. Jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstid med sprinkleraktivering för sprinkler med RTI 50 (m/s)<sup>0,5</sup>.

Kritiskt förhållande	Tid [min]	Tid för utrymning [min]	Tidsmarginal [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2	2,5	- 0,5
2. Sikt	2	2,5	- 0,5

Simuleringar med lägre RTI resulterar i en fortsatt negativ tidsmarginal varför ytterligare åtgärdsförslag undersöks. Sett till vilka kritiska förhållanden som uppnås framgår att åtgärder för att minska rökspridning bör vidtas. För att fördröja spridningen kan brandjalusier, som aktiveras vid detektion, installeras i respektive öppning mellan garderob och ryttargång. För att uppnå syftet med att förhindra brandgasspridning bör även dörrarna in till garderoberna utrustas med självstängande funktion. En fördel med denna åtgärd är att den förväntas fungera oavsett personantal i ryttargången eftersom tiden tills de kritiska förhållandena uppnås fördröjs.

I garderoberna arbetar tre personer under föreställningar. Möjligheten att släcka en brand med någon brandsläckare bedöms med enklare beräkningar av REMP-värde. Beräkningarna görs

för pulversläckare med ett flöde av 400 g/s och REMP-värde på 4 (Särdqvist, 2006). Resultaten av beräkningarna skulle innebära att en släckning av branden skulle vara möjlig till dess att kritiska förhållanden uppnås. Hänsyn till detta kan beaktas i åtgärdförslagen men bedöms i denna rapport inte lösa problem som kan uppkomma. Faktorer som svårigheten att nå fram till branden när garderoben är full med kläder och obehag för personalen att gå längre in i en garderob som rökfylls beaktas. Det absolut bästa är om personalen kan släcka branden, men eftersom detta inte kan garanteras bör andra åtgärder som inte beror på människors agerande genomföras, varför brandjalusier kan vara ett bra alternativ. Problemet med att kritiska förhållanden uppnås även i salongen kan lösas genom att de dörrar som leder in till salongen får en självstängande funktion. Detta skulle leda till att brandgaser förhindras att sprida sig vidare ut i salongen.

## 8.7 Diskussion

Tillväxthastigheten för branden i garderoben valdes efter en sammanvägning av information från flertalet brandscenarier med liknande brandbelastning. Tillväxthastigheten ”fast” är den mest representativa tillväxthastigheten som går att utläsa från dessa brandscenarier och den kan anses konservativ för denna brand. Även valet av mängden material som brinner anses konservativt då det utgår från en uppskattad maximal mängd jackor där varje jacka är av större modell. Ur känslighetsanalysen framgår dock att varken maximal effekt eller tillväxthastighet spelar någon roll för tiden tills kritiska förhållanden uppnås varpå mindre vikt kan läggas vid ingående parametrar för den valda branden.

Vid simulering i FDS gjordes en mindre felmodellering av utrymmet med garderober och ryttargång som innebar en spegelvändning av garderobernas utformning. De öppningar som går mellan ryttargång och garderob förskjuts därmed ett par meter i simuleringsmodellen mot hur de är placerade i verkligheten. Denna förskjutning bedöms dock inte ha någon större påverkan på resultaten som uppnås.

Varken dokumentation eller platsbesök gav information om RTI-värdet för sprinklerhuvudena i garderoben. Det som kunnat konstateras är att sprinklerhuvudena i garderoben är smältbleck, vilket endast givit en någorlunda uppfattning om aktiveringstemperatur. Dock framgår av simuleringar med och utan sprinkleraktivering samt med en variation av RTI-värdet att förhållandena i ryttargången skilde sig marginellt mellan fallen. Detta beror på att tiden mellan sprinkleraktivering och att brandgaslagrets höjd och sikt blir kritiskt endast är cirka 30 sekunder.

Till följd av den höga brandbelastning som förekommer i garderoberna hade en optimal placering av dessa varit mer avskilt från de publika delar som besökare uppehåller sig på. Eftersom byggnaden inte får ändras och garderober inte går att avvara från verksamheten läggs vikt vid att försöka hitta lämpliga åtgärdsförslag utifrån befintliga garderober. En brand i en stor mängd syntetiskt material innebär en snabb effektutveckling med mycket produktion av sotpartiklar vilket leder till åtgärdsförslag för att förhindra att dessa kommer ut i publika delar. Efter en undersökning av brandjalousier på marknaden konstateras att dessa bör vara ett rimligt åtgärdsförslag som inte inkräktar för mycket på utrymmet. Detta kräver dock att även dörrar stängs och brandgasen inte kan spridas via andra öppningar. En möjlig åtgärd kan vara att inrätta brandcellsgräns runt respektive garderob. Vid installation av brandjalousier bör hänsyn tas till eventuell tryckuppbyggnad orsakad av branden i det slutna utrymmet. Vidare är det viktigt att brandjalousiernas placering inte inkräktar på det befintliga sprinklersystemet.

Något som framgår i scenariot är betydelsen av att personal påskyndar utrymningsförloppet och håller nere förberedelsetiden. Speciellt viktigt är det för de personer som befinner sig på toaletterna då dessa kan ha en längre förberedelsetid och till följd av det löper högre risk att utrymma efter att kritiska förhållanden uppnåtts.

Vid brand i garderoben kan en spridning av brandgaser in till salongen förväntas ske då dörrarna som leder in i salongen står öppna. För att få en uppfattning om huruvida detta kan leda till kritiska förhållanden i salongen görs ett försök att ta reda på hur brandgaslagret sjunker inne i salongen. Metoden som används anses dock ge ett resultat som representerar ett värsta troligt fall alternativt ett värsta fall då branden flyttas in efter två minuter, sprinklersystemet fallerar och dörren antags vara öppen. Trots att resultatet är konservativt finns det genom åtgärdsförslaget ett kostnadseffektivt sätt att reducera risken.

Vid åtgärdsförslagen behandlas endast problematiken vid brand i garderob. Därmed är det viktigt att se till att inte stora mängder brännbart material finns i ryttargången. Vid besöket var utrymningsvägarna i ryttargången något dåligt skyltade varpå ett förtydligande av utrymningsvägarna kan vara att föredra.



## 8.8 Slutsats

För att uppfylla personsäkerheten i händelse av brand *ska* följande åtgärder genomföras:

- Installera brandjalusi i respektive garderobsöppning.
- Installera självstängande dörr till respektive garderob.

För att förbättra personsäkerheten i händelse av brand *bör* följande åtgärder genomföras:

- Undvika förvaring av brännbart material i ryttargången.
- Undvika att placera föremål som kan påverka sprinklernas spridningsbild.
- Installera självstängande dörrar in till salongen.
- Förtydliga utrymningsvägarna från ryttargången till matsalen genom utökad skyltning.



## 9. Scenario E- Brand i matsal

I detta kapitel behandlas scenariot där branden startar i matsalen.

Matsalen består av en öppen lokal med plats för 270 personer. Bord och stolar är utplacerade över större delen av golvytan. För att dela av rummet används stora gardiner som flyttas runt via skenor i taket. Matsalen är utrustad med rökdetektorer men saknar sprinklersystem till följd av det kulturminnesmärkta taket.

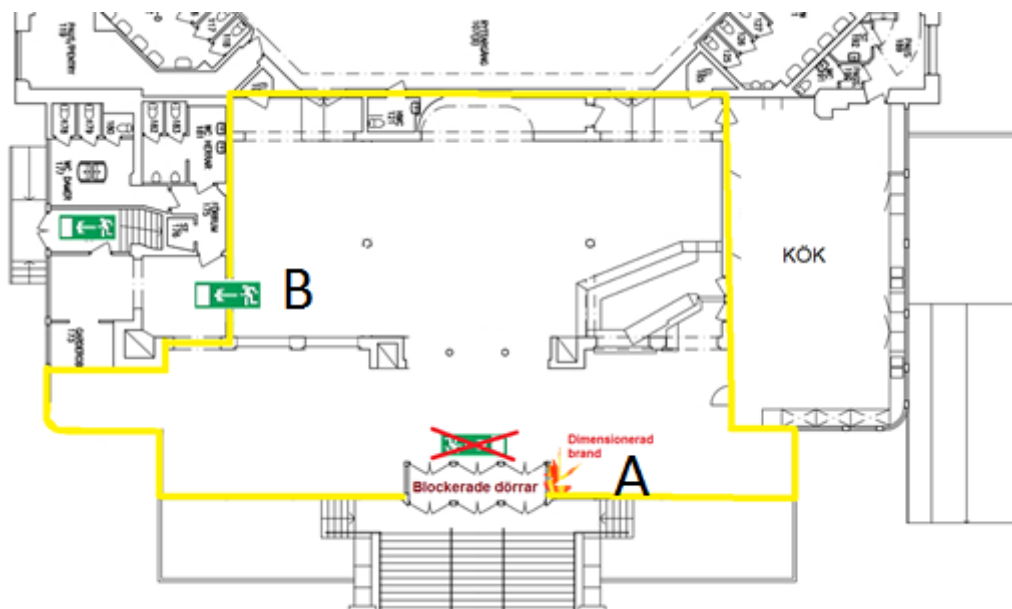
Det finns två av varandra oberoende utrymningsvägar där den ena leder direkt ut och den andra går via en passage som även personer från festvåningen ovanför utrymmer genom. Ett värsta troligt scenario anses vara där ena utrymningsvägen blockeras samtidigt som lokalen är fullsatt. I detta scenario antas branden vara anlagd och starta i möbler som står undanröjda i det hörn som syns i Figur 37. Det som antas finnas i hörnet är åtta stycken staplade stolar, fyra stycken bord samt ett draperi. Detta är inte en vanlig placering av möbler vid evenemang men kan förekomma när evenemang på scenen i matsalen hålls.



**Figur 37. Bild över tänkt startplats för branden. Blockerad utrymningsväg skymtas bakom draperiet.**

I detta scenario bedöms branden leda till att den angränsande utrymningsvägen blir blockerad varpå köbildning riskerar att uppkomma vid punkt B i Figur 32. Gällande branden antas det att denna har så pass snabb utveckling att fokus ligger på att utrymma istället för att försöka släcka branden.

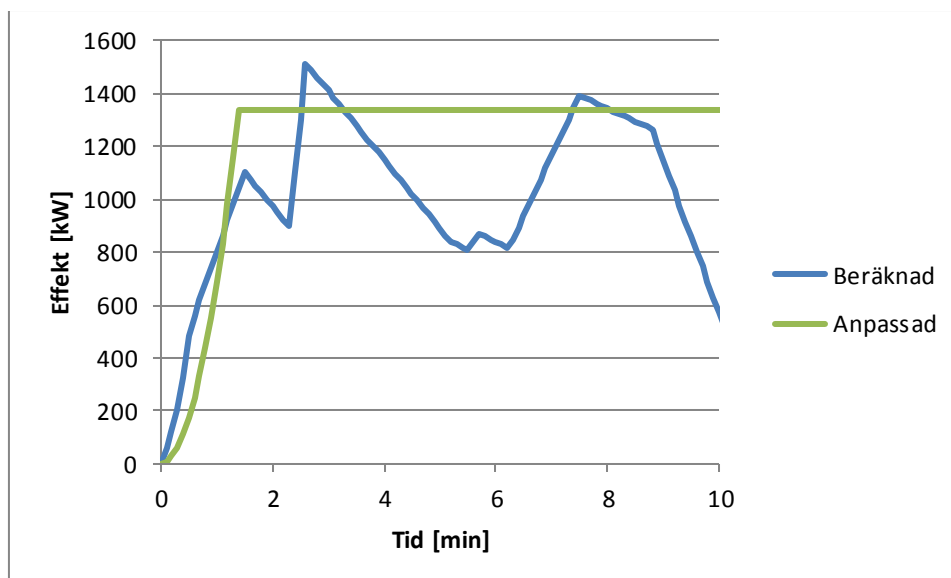
I matsalen förekommer, till skillnad från i övriga utrymmen, inte ett talat utrymningslarm utan istället används sirener och blyxtljus. Då det inte finns någon automatisk avstängning av högtalarsystemet vid artistuppträdanden kan det leda till en längre varseblivningstid då mycket olika ljud förekommer.



Figur 38. Bild över matsalen där brandens placering och utrymningsvägar visas (White arkitekter, u.d.), med förtydligande av rapportförfattarna.

## 9.1 Dimensionerande brand

I Figur 39 visas både den beräknade effektutvecklingen samt den förenklade som används vid simulering. Se bilaga C.4 Effektutveckling för brand i matsalen för vidare information.



Figur 39. Effektutveckling för matsalen.

## 9.2 Tid till kritiska förhållanden

I Figur 38 visar bokstäverna A och B var mätningar för kritiska förhållanden görs i matsalen. Tider till kritiska förhållanden i respektive punkter redovisas i Tabell 20. För mer information se bilaga E.3 Matsalen.

Tabell 20: Tid tills kritiska förhållanden nås på olika punkter i matsalen utan sprinkler

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid A [min]	Tid B [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	3	2,5
2. Sikt	10 m	*	2,5
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	1	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	**	-
5. Temperatur	80°C	4,5	5

- Uppnås inte under simuleringstiden.

\* I punkten A har inte sikten mätts med anledning av att personer endast förväntas passera denna punkt i ett tidigt skede.

\*\* Enligt handberäkningar har personer minst 10 sekunder på sig att passera denna punkt innan kritisk värmedos uppnås. Då de utrymmande enbart ska passera bedöms därmed värmedosen aldrig uppnå kritiska nivåer. Se bilaga E.3 Matsalen.

## 9.3 Utrymning

I följande kapitel presenteras och motiveras tiderna för de tre faserna som utrymningsmodellen bygger på.

### 9.3.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden för en person som ser branden bör inte vara kortare än 30 sekunder (Boverket 3, 2013). Då matsalen är ett utrymme som är relativt litet och har en öppen planlösning bedöms möjligheterna stora att branden uppmärksammas i ett tidigt skede. Detta kan innebära att antingen flammor ses eller att brandsignaturer som exempelvis rök uppfattas. Personer som befinner sig en bit bort från branden kan ha svårare att se den och därmed ha en något längre varseblivningstid. Dock förutsätts dessa även påverkas av att andra i matsalen uppmärksammat branden, vilket gör att samtliga matsalgäster bedöms ha en likvärdig varseblivningstid.

Detektionstiden, det vill säga tiden från det att branden startar till det att utrymningslarmet aktiveras, bestäms även utifrån simuleringar i FDS till 30 sekunder.

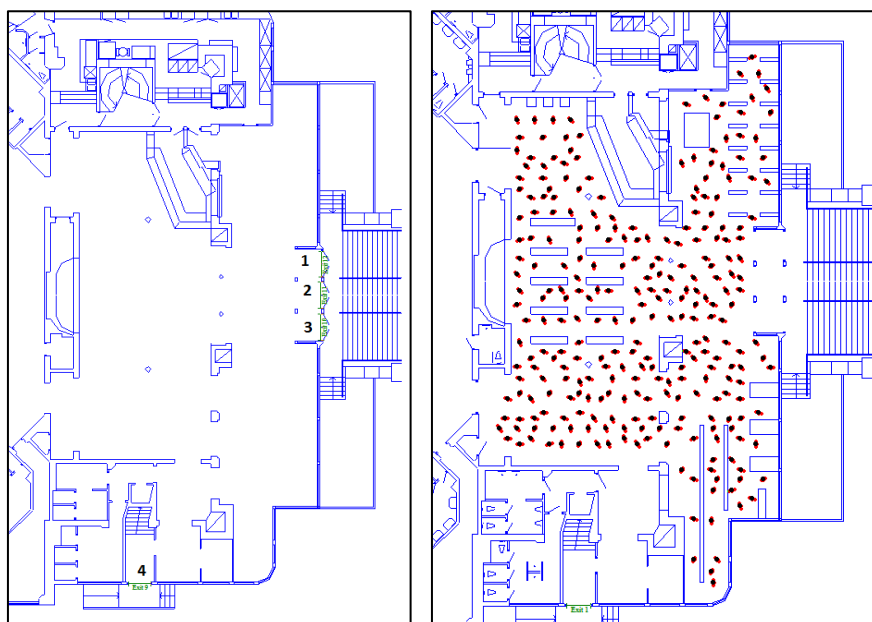
Varseblivningstid sätts till 30 sekunder i matsalen och kan anses vara värsta troligt då personer nära branden bör uppmärksamma detta inom denna tidsram.

### 9.3.2 Förberedelsestid

Enligt BBRAD rekommenderas en förberedelsestid till en minut i offentlig miljö, varuhus, skola och butik då branden går att se (Boverket 3, 2013). Med tanke på att samtliga gäster befinner sig i brandrummet och att lokalen är betydligt mindre än exempelvis ett varuhus förväntas de kunna uppfatta branden i ett tidigt skede. Rapporten *En modell av det inledande utrymningsförloppet* anger att förberedelsestiden vid en tydlig signal, så som direkt perception av brandsignaturer, är 40 sekunder (Nilsson, 2006). Dock finns faktorer i en restaurangmiljö som kan tänkas fördröja utrymningens påbörjan. Vanligt förekommande på restauranger är att människor tenderar att inte vilja avsluta sin aktivitet och exempelvis lämna den mat de investerat i (Frantzich, 2001). Sammantaget bedöms en förberedelsestid på en minut vara värsta trolig för rådande förhållanden i scenariot.

### 9.3.3 Förflyttningstid

Den tid det tar för gästerna att lämna brandrummet och sätta sig i säkerhet beräknas med hjälp av simuleringar i Simulex. Vid utrymningssimuleringen var enbart en utrymningsväg tillgänglig. Denna visas i Figur 40 och numreras som 4. Utgång 1-3 blockeras av branden.



Figur 40. Visar de olika utrymningsvägarna som finns i matsalen.

Tiden för samtliga 270 gäster att lämna brandrummet är 5,5 minuter. För vidare information se bilaga *F.3 Matsalen*.

I Tabell 21 presenteras tiden för utrymning av matsalen.

Tabell 21. De tre utrymningsfasernas tid samt total utrymningstid från matsal

Varseblivningstid [min]	Förberedelsestid [min]	Förflyttningstid [min]	Tid för utrymning [min]
0,5	1	5,5	7

## 9.4 Bedömning personsäkerhet

Genom att jämföra utrymningstiden med tiden då kritiska förhållanden uppnås sammanställs tidsmarginalerna för utrymning vid garderobsbranden. I Tabell 22 redovisas den kritiska tiden för matsalsbranden utan sprinkleraktivering. De kritiska förhållanden som medför en negativ tidsmarginal är brandgaslagrets höjd och siktbarhet.

Tabell 22. Redovisning av huruvida utrymningen är möjlig innan kritiska förhållanden uppnås i matsalen.

Kritiskt förhållande	Tid till kritiskt förhållande [min]	Tid för utrymning [min]	Tidsmarginal [min]
1. Brandgaslagrets nivå över golv	2,5	7	- 4,5
2. Siktbarhet 2,0 meter över golv	2,5	7	- 4,5

Som går att utläsa ur Tabell 22 blir tidsmarginalen negativ varför åtgärder måste vidtas.

## 9.5 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys utförs för att se hur stort utslag på slutresultatet en viss procentuell ändring av respektive ingående parameter har. För att få en uppfattning av respektive parameters betydelse för slutresultatet beräknas procentuell tidsändring för en 25-procentig parameterändring i både ökande och minskande led. Resultatet för utrymningstiden presenteras i Tabell 23.

Tabell 23. Tabellen visar hur stor påverkan en förändring på  $\pm 25\%$  har på den totala utrymningstiden för brand i matsalen.

Ingående parameter	Ursprunglig tid [s]	Förändring med 25 % [s]	Tidsförändring [%]
Varseblivning	30	$\pm 7.5$	$\pm 2$
Förberedelse	60	$\pm 15$	$\pm 4$
Förflyttning	330	$\pm 82.5$	$\pm 20$
Personantal	330 (270 personer)	+ 135 (340 personer) - 30 (200 personer)	+ 32 (340 st) - 7 (200 st)

Ur tabellen kan läsas att en ökning av personantalet med 25 % har störst procentuell tidspåverkan. Därefter framgår att förflyttningstid är av stor betydelse vid utrymningen varpå det kan anses viktigt med tillräckligt antal utrymningsvägar för att undvika köbildning.

De parametrar som kontrolleras vid tid till kritiska förhållanden är maximal effekt och tillväxthastighet. För att se huruvida en förändring av maximal effekt påverkar resultatet ändras denna med 25 % i ökande respektive stigande led. Eftersom tillväxthastigheter är kategoriserade i fyra steg, från ”slow” till ”ultra fast”, görs en analys för hur resultatet påverkas då tillväxthastigheten ändras från ”ultra fast” till ”fast” istället för med 25 %. Resultatet för tid till kritiska förhållanden presenteras i Tabell 24.

**Tabell 24. Resultaterande tider till kritiska förhållanden vid val av tillväxthastigheter och maximala effekter där kritiska förhållanden är sikt och brandgaslagrets höjd. Den fetstilta raden motsvarar ursprungliga värden.**

<b>Tillväxthastighet [kW/s<sup>2</sup>]</b>	<b>Maxeffekt [kW]</b>	<b>Tid till kritiska förhållanden [s]</b>	<b>Tidsförändring [%]</b>
<b>0,19 (”ultra fast”)</b>	<b>1300</b>	<b>150</b>	<b>-</b>
0,19 (”ultra fast”)	1000 (- 25 %)	180	20
0,19 (”ultra fast”)	1650 (+ 25 %)	150	0
0,047 (”fast”)	1300	210	40

Minskningar av maximala effekten respektive tillväxthastigheten bidrar till förbättrade möjligheter för en säker utrymning då tiden till kritiska förhållanden fördröjs. Därmed förbättras tidsmarginalen något. Om maximala effekten ökas bidrog detta till att tid till kritiska förhållanden inte minskade märkbart.

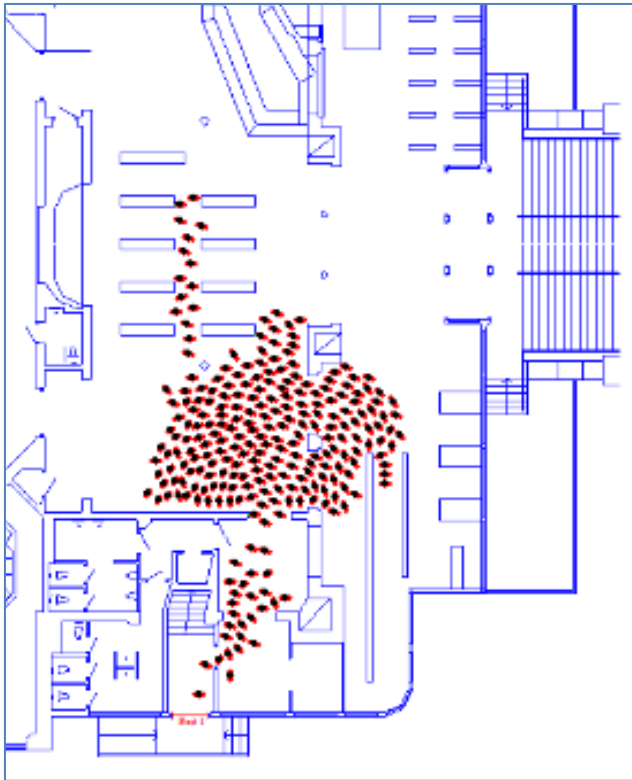
## 9.6 Åtgärder

Då den beräknade tidsmarginalen blir negativ och personsäkerheten inte kan säkerställas krävs åtgärder. Antingen kan åtgärder utföras så att utrymningstiden förkortas eller så att tiden till kritiska förhållanden förlängs.

### 9.6.1 Utökat antal utrymningsvägar

Efter simulering i Simulex framgår att utrymningstiden blir lång på grund av en flaskhals som bildas vid utrymningsväg, se Figur 41.





Figur 41. Figuren visar hur köbildningen i matsalen simulerats.

I simuleringen används endast den utrymningsväg som är utrustad med utrymningsskylt och är tillgänglig. I ett verkligt scenario kan dock personer välja andra kända vägar ut från rummet när köbildning uppnås. Detta föranleder att åtgärden som föreslås är att göra dörrarna ut till ryttargången till formella utrymningsvägar. För att se huruvida denna åtgärd är tillräcklig görs en ny simulering där personer har möjlighet att utrymma via ryttargången. Resultatet av denna är en minskning av förflyttningstiden med 4,5 minut, vilket medför en förflyttningstid på en minut, för ytterligare information se bilaga *F.3 Matsalen*. Enligt metodiken anses därmed personsäkerheten tillräcklig då tidsmarginalen är noll. Dock analyseras andra åtgärdsförslag som kan vara mer kostnadseffektiva och göra mindre åverkan på byggnaden.

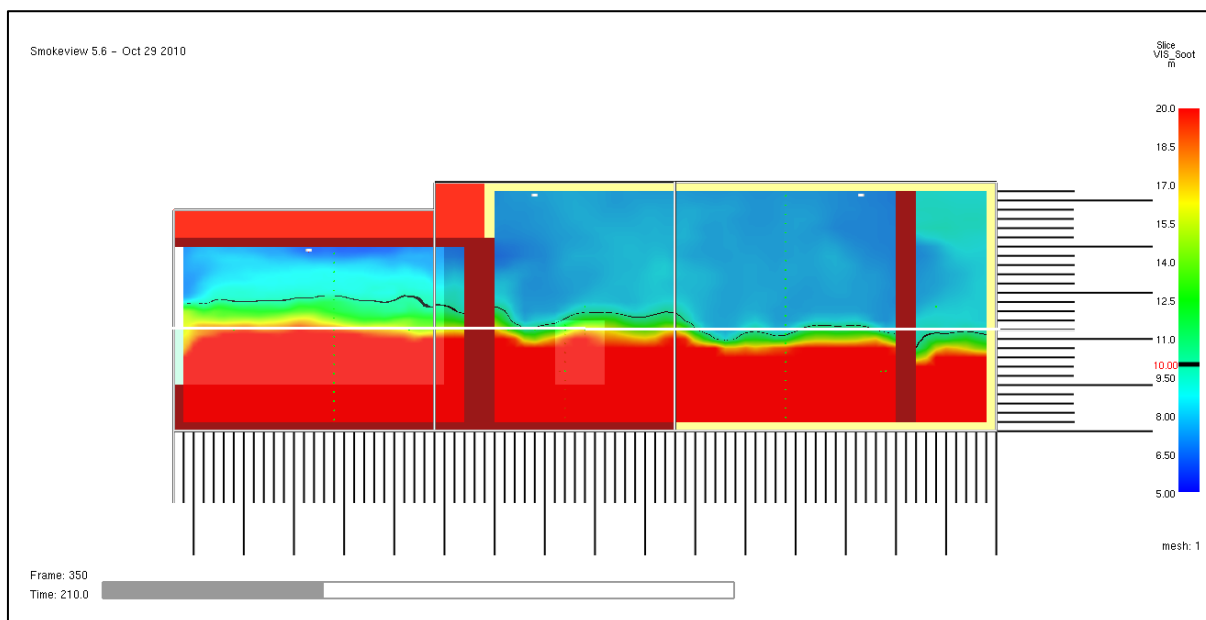
### 9.6.2 Begränsad möjlighet att stapla möbler

För att minska tiden till kritiska förhållanden undersöks huruvida en förflyttning av brandbelastningen från befintligt hörn till ett område där takhöjden är högre har någon påverkan på resultatet. Visar en simulering av detta fall att tidsmarginalen blir positiv stärks åtgärdsförslaget att möbler endast får staplas på specifika platser. För analys av detta åtgärdsförslag jämförs tid till kritiska förhållanden med tid för utrymning då de nuvarande utrymningsvägarna finns till förfogande.

En simulering av brandscenariot resulterade i en tid till kritiska förhållanden på 2,5-3 minuter, vilket resulterar i en tidsmarginal på  $\pm 15$  sekunder. I scenariot sker utrymning endast genom befintliga utrymningsvägar. Därmed analyseras ytterligare åtgärdsförslag för att personsäkerheten ska anses tillräcklig. För ytterligare information se bilaga *F.3 Matsalen*.

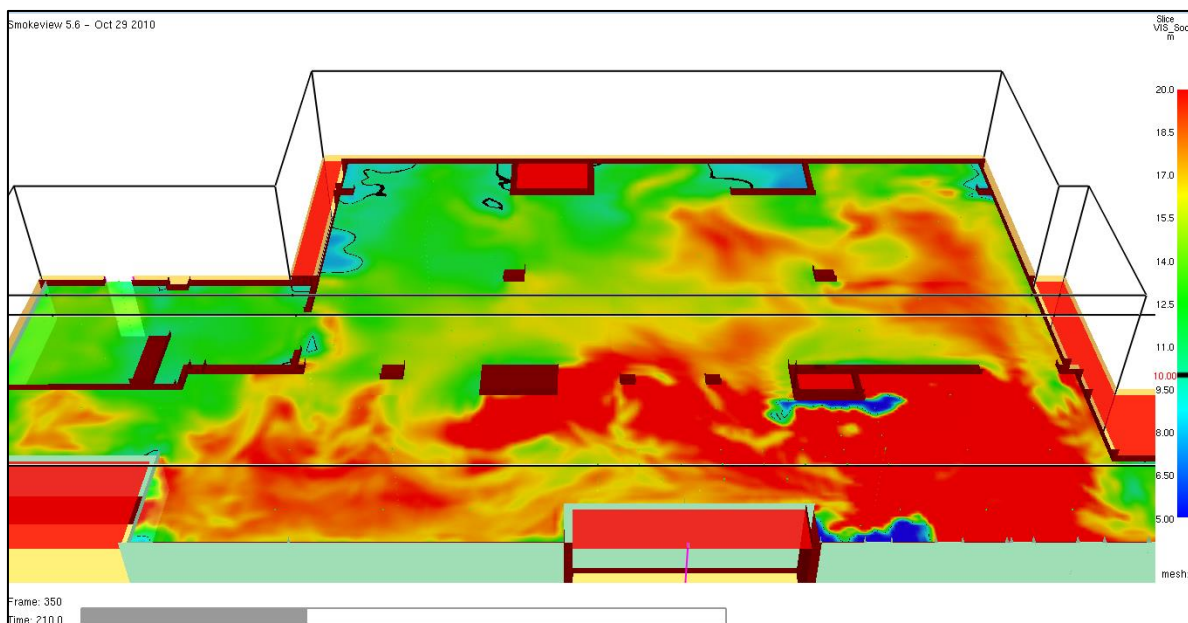
### 9.6.3 Ingen möjlighet att stapla möbler

Då möbler inte står staplade förväntas brandens tillväxthastighet minska. För att undersöka om detta är tillräckligt för att undvika en negativ tidsmarginal görs en simulering i FDS där tillväxthastigheten sänks från 0,19 till 0,047 kW/s<sup>2</sup>. Sänkningen till 0,047 kW/s<sup>2</sup> motiveras med att träinredning förväntas brinna med denna tillväxthastighet (Abrahamsson, 1997). I Figur 42 går det att utläsa att brandgaslagret når kritisk höjd efter 3,5 minut.



**Figur 42.** Bilden visar brandgaslagrets höjd efter 210 sekunder för den mindre branden i matsalen. Det vita strecket visar två meters höjd och den svaga svarta linjen visar vart sikten understiger tio meter.

Eftersom sikten samtidigt måste uppnå kritisk nivå kontrolleras tid tills sikten understiger tio meter. Detta åskådliggörs i Figur 43.



Figur 43. Bilden visar sikten efter 210 sekunder för den mindre branden i matsalen. Enligt bilden går det att se att sikten överstiger tio meter vid samtliga utgångar. De olika färgerna i bilden beskriver sikten. De blå nyanserna är då sikten understiger tio meter. Dessa områden är omringade av ett svart streck.

Brandgaslagret och sikten har båda uppnått kritiska nivåer efter 3,5 minuter. Skillnaden mellan denna tid och utrymningstid resulterar i en positiv tidsmarginal på 45 sekunder. Med enbart denna åtgärd kan personsäkerheten säkerställas.

#### 9.6.4 Åtgärdsförslag

Vid analys av respektive åtgärdsförslag framgår att personsäkerheten kan säkerställas genom ett antal olika åtgärder. Vid ingen möjlighet att stapla möbler erhålls en positiv tidsmarginal. Dock innebär detta en stor begränsning för verksamheten och saknar robusthet eftersom det skulle kunna förekomma liknande bränder i andra föremål i lokalen. Vid simulering med utrymning via ryttargång erhålls en acceptabel tidsmarginal. Dock kan denna lösning innebära problem till följd av att utrymning sker i två riktningar samt att utrymning sker inåt i byggnaden.

Vid simuleringar för att utvärdera begränsad möjlighet att stapla möbler erhålls en negativ tidsmarginal. Detta är dock en åtgärd som anses skälig och därmed den som rekommenderas. Anledningen till att en negativ tidsmarginal accepteras är de konservativa antaganden som gjorts. Dessa är bland annat att personer inte utrymmer via ryttargången i simuleringarna, vilket kan förekomma i ett verkligt scenario. Dessutom ges konservativa resultat gällande rökspridning i FDS till följd av att branden ansätts en för låg effekt per ytenhet under tillväxtfasen, se *E.4 Kontroller*. Vidare ses att en ökning av den maximala effekten med 25 %

inte påverkar tid till kritiska förhållanden, vilket lämnar utrymme för en eventuell underskattning av branden.

## 9.7 Diskussion

Branden i scenariot är vald utifrån att staplade möbler observerades under platsbesöket. För att få en representativ effektkurva hämtades information om tillväxthastigheter från ett försök med brand i staplade stolar samt ett försök med brinnande plywoodskivor. Försöken antas representativa då både uppställning och material från försöken liknar de i matsalen. Detta medför att den beräknade branden kan skilja sig i effekt och tillväxthastighet mot den ett verkligt scenario eftersom både mängden staplade stolar och material för bord och stolar är osäkra faktorer. Även faktorer som hur antändning och spridning i materialen är osäkra. Effekterna som uppmättes i försöken hade mycket hög tillväxthastighet vilket kan vara orimligt högt. Försöken liknade den tänkta uppställningen i matsalen och att kunskap huruvida effekten skulle ansättas var bristande, användes försöken för att simulera branden i matsalen. Hade projektet gjorts om hade troligen effektutvecklingskurvorna underbyggts med ytterligare litteraturstudier för att understödja giltigheten i valda effektparametrar.

Att tidsmarginalen endast är nära ett positivt värde anses tillräckligt med avseende på personsäkerheten. Detta då de val som gjorts under analysens gång anses konservativa och resulterat i parametrar med inbyggd säkerhetsmarginal. Med hänsyn till dessa konservativa antaganden accepteras den något negativa tidsmarginalen.

En förutsättning för att utrymningstiden ska hållas nere är att nuvarande personalorganisation fungerar korrekt och både förberedelse- och flyttningstid för besökare förkortas med hjälp av ingripande personal. Eftersom matsalen saknar talat meddelande är det av stor vikt att det för besökarna snabbt framgår vad blixarna och sirenerna i matsalen innebär när dessa aktiveras. För att underlätta kommunikationen mellan gäster och personal kan ett talat utrymningsmeddelande vara att föredra. Detta förutsätter dock att högtalarsystemet stängs av automatiskt vid detektion. Dessutom ges ett mer homogent brandskydd om hela byggnaden innehåller samma utrymningslarm.

## 9.8 Slutsats

För att uppfylla personsäkerheten i händelse av brand *ska* följande åtgärder genomföras:

- Inte stapla möbler i nära anslutning till utrymningsvägar.
- Fortsätta det systematiska brandskyddsarbetet och säkerställa att personal utbildas och är medvetna om rutinerna vid utrymning.

För att förbättra personsäkerheten i händelse av brand *bör* följande åtgärder genomföras:

- Undvika möblering som kan hindra eller försvåra utrymning.
- Installera talat utrymningsmeddelande i matsalen.



## 10. Slutdiskussion

I följande avsnitt följer en diskussion angående delar som berör rapporten i sin helhet.

### 10.1 Avgränsningar

En avgränsning som görs i rapporten är att endast behandla de publika delarna då personer som befinner sig där antas ha begränsad eller liten lokalkänedom. Detta anses rimligt eftersom det utmanar brandskyddet mer än om personerna kan antas ha god lokalkänedom. Genom avgränsningen ges dessutom möjlighet till en mer utförlig utvärdering än om ett större utrymme och bredare verksamhetsområde hade ingått i analysen. Resultaten i denna rapport anses därmed ge en bättre representation av objektets brandskydd med avseende på personsäkerhet än om inga avgränsningar gjorts.

De åtgärdsförslag som presenteras är anpassade för att ha så liten åverkan på byggnaden som möjligt. Detta med hänsyn till att byggnaden är kulturminnesmärkt och möjligheterna till förändring inom byggnaden är begränsade. Åtgärdsförslagen avgränsas dock till att inte ta hänsyn till kostnader, även om så små ingrepp som möjligt ingår i att hålla låga kostnader.

### 10.2 Val av brandscenarier

Inför val av brandscenarier gjordes först en grovanalys över tänkbara startplatser utifrån statistik och kvalitativa bedömningar. De scenarier som sedan valdes är tänkta att representera värsta troliga fall för att därmed täcka in flertalet mindre allvarliga scenarier. Huruvida alla tre scenarier går att benämna som värsta troliga fall istället för värsta fall är dock svårt att avgöra. Denna gränsdragning är en osäkerhet som spelar roll vid utvärderingar likt denna och är värd att ta i beaktning då resultatet av rapporten används.

### 10.3 Modellosäkerheter

I rapporten används ett antal modeller för att få underlag till analysen. Det är dock viktigt att hålla i minnet att resultatet av dessa inte speglar verkligheten exakt och att begränsningar och förenklingar måste beaktas. Vid simulering i CFAST krävs att vissa förenklingar av geometrin görs. Exakt hur mycket dessa förenklingar påverkar resultatet är ovisst, men det bör beaktas att resultaten inte helt återger händelsen vid ett verkligt brandscenario. FDS ger mer noggranna resultat och erbjuder större möjlighet till situationsanpassning än CFAST varför det är att föredra vid simulering av utrymmen med mer komplicerade geometrier. FDS har dock inte kunnat användas för analys av samtliga scenarier till följd av den begränsade tiden som givits för projektet. Trots förenklingar i CFAST anses dock resultat från dessa

simuleringar ge en tillräckligt bra anvisning om händelseförloppet vid brand för att avgöra eventuella behov av åtgärdsförslag.

För analys av brandförlopp har ambitionen varit att använda FDS eftersom detta är en noggrannare modell vilket ger säkrare resultat. Dock kräver detta att rätt indata används och att användaren känner till de begränsningar som finns med programmet. En parameter som borde simulerats annorlunda är tillväxtfasen för branden. Då simuleringar utförts i rapporten har en konstant effekt på hela brandytan använts vilket under tillväxtfasen innebär en låg effekt per ytenhet. Detta leder till en för hög sotbildning och därmed konservativa resultat gällande sikt och brandgaslager. Ett sätt att bättre simulera detta är att använda spridning av brand över ytan vilket behåller samma effekt per ytenhet under hela förloppet. En annan aspekt att ta hänsyn till är var "meshgränser" placeras eftersom detta påverkar hur flöden beräknas i programmet. Ifall en gräns placeras för nära branden eller i utrymmen där höga flöden kan förekomma kan detta komma att störa flödesbilden.

Vid simulering av utrymning i programmet Simulex gavs populationen en procentuell fördelning av gånghastighet och storlek. Fördelningen valdes utifrån vad som kan anses representativt för besökarna som befinner sig på Cirkus. En analys av fördelningens påverkan på utrymningstiden visar att fördelningen har betydelse för tiden det tar att utrymma. Utöver att simuleringstiden kan variera beroende på vald fördelning bör det tas hänsyn till att personer i Simulex inte reagerar som personer i verkliga utrymningsscenarier. Detta medför att de tider som sätts som tid för förflyttning endast kan anses approximativa.

Vid simulering av förflyttningstiden i Simulex uppnås ett personflöde som understiger det rekommenderade enligt BBRAD. Med hänsyn till scenariot och dess omständigheter kan de uppnådda förflyttningstiderna därmed anses alltför konservativa. Då personflödet visar sig ha avsevärd betydelse konstateras i efterhand att det vore mer lämpligt att istället använda handberäkningar enligt BBRAD. Detta då osäkerheten orsakad av programmets val av personflöde undviks och resultatet blir säkrare.

Vidare finns flertalet osäkerheter bakom de punktvärden som har valts för de tre faserna i utrymningsmodellen. Till exempel baseras val av förberedelsestider dels på information från litteraturstudier och dels på kvalitativa bedömningar av situationen. De kvalitativa uppskattningarna har begränsats till att inte understiga de lägsta värden som anges av BBRAD. Huruvida dessa lägsta värden är rimliga även i berörda scenarier bör tas hänsyn till, dock har de valts med hänsyn till att genomgående ha konservativa värden.



## 10.4 Resultat

Efter simuleringar av valda brandscenarier har inga verifieringar av resultaten i form av simulering med andra program eller handberäkningar utförts. Detta då en verifiering av simuleringar i FDS med simuleringar av samma brandscenario i CFAST ansetts mindre givande då FDS är en mer noggrann simuleringsmodell. I övrigt har inga handberäkningar gjorts för att verifiera resultat av simulering i CFAST eftersom det funnits begränsat med tid och även handberäkningar kräver antaganden och förenklingar som kan leda till osäkra resultat. Resultaten har därmed ansetts utgöra en tillräckligt god grund för att basera åtgärdsförslag på. Dock bör en brist på verifiering tas i beaktning vid bedömning av resultatens rimlighet.

Vid analys av huruvida ett åtgärdsförslag fördröjt tid till kritiska förhållanden i scenariot brand i matsal används en visuell uppskattning av höjd på brandgaslagret. Eftersom resultatet är en subjektiv bedömning kan åtgärdens inverkan på tid till kritiska förhållanden inte helt säkerställas. Detta kan ha extra stor betydelse då tidsmarginalen i scenariot resulterar i 0 och därmed inte ger utrymme till eventuell felbedömning av tid. Att antaganden generellt är konservativa kan dock anses väga upp en eventuell felbedömning.

Vid framtagning av förberedelsetiderna har hänsyn inte tagits till brandens egenskaper varför tiderna kan anses långa. Hade detta beaktats i analysen kunde förberedelsetiderna ha reducerats något. Detta är en parameter som hade beaktats om projektet gjordes om.

## 10.5 Analysmetod

Utvärderingen baseras på en deterministisk analysmetod. Denna typ av riskanalysmetod innebär att ingen explicit kvantifiering av sannolikhet görs utan fokus ligger på konsekvenser av respektive scenario. Tanken är att identifiera och beräkna konsekvenserna av de värsta troliga fall där samtliga möjliga riskscenarier representeras. Huruvida de valda scenarierna är värsta troliga eller alltför osannolika är en svår gränsdragning vilket bör beaktas vid tillgodoräknande av rapportens resultat. En annan aspekt av analysmetoden är att göra konservativa antaganden vid skattningar av parametrar, vilket är ett sätt att hantera osäkerheter. Eftersom en rad konservativa antaganden görs leder det till svårigheter med att jämföra risker och bedöma kostnadseffektiviteten av åtgärderna.

Principen för värdering av acceptabel risk är att konsekvenserna för de valda scenarierna måste uppnå skyddsmålen. I detta fall sattes skyddsmålen till att ingen person ska utsättas för

kritiska förhållanden. Detta skyddsmål uppfylls då tidsmarginalen blir positiv och uppnås därmed i samtliga scenarier efter att åtgärdsförslag genomförts. Som tidigare diskuterats kan dock scenarierna vara alltför osannolika till följd av en rad konservativa antaganden och därmed inte anses som troliga, varpå åtgärdsförslagen är oproportionerliga. En eventuell överskattning av riskerna lämnas dock till betraktaren att ta i beaktning vid användandet av resultaten av denna rapport.

## 10.6 Övrigt

I rapporten används punktskattade värden vid beräkning av tidsmarginal. Bedömningen att en icke-negativ tidsmarginal är tillräcklig för tillfredsställande personsäkerhet bygger på inbyggda kontinuerliga konservativa antaganden. Huruvida de punktvärden för utrymningstid som bygger på en fungerande personalorganisation kan räknas som konservativa är en osäkerhet som är svår att ta hänsyn till. Att personalorganisationen förutsätts fungera vid beräkning av tidsmarginal kan anses mindre konservativt än om en fungerande personalorganisation inte tillgodoräknats. Detta antagande bedöms dock rimligt då det framgår att Cirkus lägger stor vikt vid personalorganisationen. Till följd av att resulterande tidsmarginal bygger på ett ingripande av personal rekommenderas ytterligare utbildning av personal som åtgärdsförslag.

Vid analys av tid till kritiska förhållanden görs ingen beräkning av tid tills toxiska nivåer uppnås. Detta då det inte varit möjligt att få tillräckligt tillförlitlig utdata med den uppsättning som görs i FDS och CFAST. Eftersom toxiska nivåer inte kan utläsa med tillräcklig säkerhet bortses mätning av detta helt. Detta anses befogat då det sällan är toxiska nivåer som först leder till att kritiska förhållanden uppnås varpå toxiciteten anses möjlig att bortse från i sammanhanget. Som tidigare nämnts uppmärksammades även vissa brister i brandskyddet vid platsbesöket, se *4.14 Anmärkningar vid inventering av brandskyddet*. Dessa åtgärder anses främst bero på arbetsrutiner, varför åtgärder för dessa bör vara relativt lättgenomförbara om det tydligt och bestämt redogörs för vad som gäller.

Styrkorna i denna rapport bedöms vara koppling det gällande regelverk som finns och dessutom de åtgärder som föreslagits. Detta då de bedöms kostandseffektiva och lättgenomförliga. Svagheter är att väldigt konservativa dimensionerande bränder har använts med avseende på tillväxthastighet.

## 11. Slutsats

Nedan presenteras de åtgärdsförslag som rapporten resulterar i utifrån skyddsmålen. Dessa kategoriseras utifrån om de *ska* eller *bör* uppfyllas. Åtgärderna som *ska* utföras krävs för att uppfylla personsäkerheten i händelse av brand på Cirkus. Förslagen som *bör* uppfyllas är rekommendationer som kan medföra förbättrad personsäkerhet, men som inte anses nödvändiga för att en utrymning ska ske innan kritiska förhållanden uppnås.

För att uppfylla personsäkerheten i händelse av brand *ska* följande åtgärder genomföras:

- Inaktivera rökridån vid evenemang på salongsgolvet.
- Säkerställ att tillräcklig tilluft finns för brandgasventilationen i scenhuset.
- Installera brandjalusi i respektive garderobsöppning.
- Installera självstängande dörr till respektive garderob.
- Inte stapla möbler i nära anslutning till utrymningsvägar.
- Fortsätta det systematiska brandskyddsarbetet och säkerställa att personal utbildas och är medvetna om rutinerna vid utrymning.

För att förbättra personsäkerheten i händelse av brand *bör* följande åtgärder genomföras:

- Minimera mängden brännbart material på salongsgolvet.
- Undvika att skymma utrymningsvägar under evenemang i salongen.
- Automatiskt öppnande av tilluftsporten.
- Undvika förvaring av brännbart material i ryttargången.
- Undvika att placera föremål som kan påverka sprinklernas spridningsbild.
- Installera självstängande dörrar in till salongen.
- Förtydliga utrymningsvägarna från ryttargången till matsalen genom utökad skyltning.
- Undvika möblering som kan hindra eller försvåra utrymning.
- Installera talat utrymningsmeddelande i matsalen.

Om åtgärderna som *ska* genomföras vidtas bedöms Cirkus publika delar vara säkra med avseende på personsäkerhet i händelse av brand.



## 12. Referenser

A.C. Bwalya, E. Z. G. H., 2007. *Design Fires for Commercial Premises - Results of Phase 2*, s.l.: National Research Council Canada.

Abrahamsson, M., 1997. *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*, Lund: Institutionen för Brandteknik. Lunds Tekniska Högskola.

Babrauskas, D. V., 2010. *Glass breakage in fires*, s.l.: Vytėnis Babrauskas.

BIV, 2013. *Vägledning för CFD-modellering*, s.l.: BIV.

Boverket 1, 2013. *BFS 2011:6 med ändring t o m BFS 2013:14*, Karlskrona: Boverket.

Boverket 2, 2013. *Allmänna råd om brandbelastning BBRBE*, Karlskrona: Boverket.

Boverket 3, 2013. Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd. i: *BFS 2013:12 BBRAD 3*. u.o.:Boverket.

Cirkus, 2013. *Champagnelounge*. [Art].

Cirkus, 2013. *Festvåning*. [Art].

Cirkus, 2013. *Galamiddag*. [Art].

D.W. Stroup, L. D. J. L. G. R., 2001. *Fire Tests of Men's Suits on Racks*, Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.

Drysdale, D., 2011. *An Introduction to Fire Dynamics*. 3 ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

Floyd, J., Hostikka, S., Klein, B. & McGrattan, K., 2007. *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide*, Washington: NIST.

Frantzych, H., 1994. *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*, Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Frantzych, H., 2001. *Tid för utrymning vid brand*, Karlstad: Räddningsverket.

Gottuk, D. T. & Mealy, C. L., n.d. *Smoke Alarm Response: Estimation Guidelines and Tenability Issues - Part 1*, Baltimore: Hughes Associates.

Gustavsson, P. ", 2014. *VD Cirkus Arena & Restaurang AB* [Interview] 2014.

Howell, J. R., Menguc, P. M. & Siegel, R., 2010. *Thermal Radiation Heat Transfer*. 5th ed. New York: Taylor and Francis/CRC.

Johansson, B., 2004. *Analys av utrymning vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, Lund: Lund University.

Johansson, B., 2004. *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå; Bild 6: Brand i garderoben. Försökuppställning innan antändning..* [Art] (Brandteknik Lunds Tekniska Högskola).

Karlsson, B. & Quintiere, G. J., 2000. *Enclosure Fire Dynamics*. 4 ed. Boca Raton: DRD Press LLC.

Länsstyrelsen, 1983. *Byggnadsminnesförklaring av Cirkus på fastigheten Djurgården 1:1, Oscars församling, Stockholm kommun*, Stockholm: Länsstyrelsen.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2013. *MSB IDA*. [Online] Available at: [ida.msb.se](http://ida.msb.se) [Accessed 10 Februari 2014].

Nilsson, D., 2006. *En modell av det inledande utrymningsförloppet*, Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Nilsson, D. & Holmstedt, G., 2008. *Kompendium i aktiva system - Detektion*, Lund: Brandteknik.

Nystedt, F., 2011. *Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings*, Lund: Dept. of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

Paté-Cornell, M. E., 1996. *Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment*, Stanford: Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Stanford University.

Peacock, R. D., Forney, G. P. & Reneke, P. A., 2011. *Cfast - Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport, Technical Reference Guide*, Washington: NIST.

Peacock, R. D., Jones, W. W., Reneke, P. A. & Forney, G. P., 2005. *CFAST - Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport, User's guide*, Washington: NIST.

Räddningsverket, 2003. *Handbok för riskanalys*, s.l.: Räddningsverket.

SFPE, 2002. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 3 ed. Quincy: NFPA, SFPE.

SP 1, n.d. *SP fire database*. [Online]

Available at: <http://www.sp.se/fire/fdb>

[Accessed 02 04 2014].

SP 2, 2003. *SP Sveriges tekniska forskningsinstitut*. [Online]

Available at: <http://www.sp.se/fire/fdb>

[Accessed 2 4 2014].

SP 3, n.d. *Information om ISO 5660 - Konkalorimeter*. [Online]

Available at:

[http://www.sp.se/sv/index/services/firetest\\_building/firetest\\_bu%C3%ADding/iso\\_5660\\_konkalorimeter/sidor/default.aspx](http://www.sp.se/sv/index/services/firetest_building/firetest_bu%C3%ADding/iso_5660_konkalorimeter/sidor/default.aspx)

[Accessed 31 03 2014].

Staffansson, L., 2010. *Selecting Design Fires*, Lund: Lund University.

Storstockholms brandförsvär, 2013. [Online]

Available at: <http://www.storstockholm.brand.se/>

[Accessed 13 02 2014].

Svenska Brandförsvärsföreningen 1, 2001. *Regler för automatisk vattensprinkleranläggning*, s.l.: Svenska Brandförsvärsföreningen.

Svenska Brandförsvärsföreningen 2, 2001. *Regler för automatisk brandlarmanläggning*, s.l.: Svenska Brandförsvärsföreningen.

Särdqvist, S., 1993. *Initial fires*, Lund : s.n.

Thunderhead Engineering, 2011. *PyroSim User Manual*. Manhattan: Thunderhead Engineering.

White arkitekter, n.d. [Art].





## Bilaga A – Byggnadsminnesförklaring



LÄNSSTYRELSEN  
Stockholms län  
Planeringsavdelningen  
Länsantikvarien  
Handläggare  
I:e antikvarie  
Gösta Magnusson

BESLUT  
Datum  
1983-12-08  
Ertidatum  
Delg kvitto

Beteckning  
11.392-586-82  
Erbeteckning

### Byggnadsminnesförklaring av Cirkus på fastigheten Djurgården 1:1, Oscars församling, Stockholms kommun

Johan M Winberg har i skrivelse som inkom till länsstyrelsen den 3 maj 1982 väckt fråga om byggnadsminnesförklaring av Cirkus.

Cirkus ägs av Stiftelsen Skansen. Marken tillhör staten och förvaltas av Kungl Djurgårdens förvaltning. Länsstyrelsen som anser att Cirkus bör komma i fråga som byggnadsminne har upprättat förslag till skyddsföreskrifter.

Stiftelsen Skansen har i skrivelse den 17 februari 1983 meddelat att stiftelsen inte har någon erinran mot länsstyrelsens förslag till skyddsföreskrifter.

Kungl Djurgårdens förvaltning har i skrivelse den 21 februari 1983 meddelat att förvaltningen inte har något att erinra mot förslaget att förklara byggnaden Cirkus som byggnadsminne.

Stockholms byggnadsnämnd har i protokoll den 22 september 1983 ansett det rimligt att en byggnadsminnesförklaring kommer till stånd.

---

Cirkus uppfördes 1890/91 efter ritningar av byggmästaren och arkitekten E Haegglund. För gjutjärnskonstruktionerna anlätades Bolindere mekaniska verkstad. Takmålningarna utfördes av Vicke Andrén och Carl Grabow. Quadrigan på taket skulpterades av C J Dyfverman.

Byggnaden bestod ursprungligen av tre delar. I den bakre fanns stallet, i mitten salongen och den främre delen mot Djurgårdsslätten schweiseriet och en öppen veranda.

Cirkus har blivit föremål för flera ombyggnader. Den största förändringen skedde 1931/32 i samband med att Cirkus byggdes om till teaterlokal.

Cirkus framträder idag som en cirkelformad byggnad med utspringande entréparti, krönt av ett skulpterat fyrspann. Byggnaden har en färgrik arkitektur i röda klinker och puts med rundbågade muröppningar och tornliknande takhuvar.

BESTYRKES

Postadress  
Box 22067  
104 22 STOCKHOLM

Besöksadress  
Hantverkargatan 29

Telefon  
08 - 785 40 00

Postgirokonto  
3 51 72 - 6



I Sverige finns fyra cirkusbyggnader bevarade: Hippodromen i Malmö, i Linköping, i Furuviksparken samt Djurgårds-Cirkus. Av dessa är Djurgårds-Cirkus den äldsta. Den påkostade interiören i tidstypisk nybarock är en genomarbetad och helgjuten komposition. Byggnaden har framträdande plats i stadsbilden och utgör ett välkänt och omistligt inslag i blickfånget för den ström av människor som besöker Djurgården och Skansen.

Interiören med bevarade delar av den ursprungliga fasta inredningen och dekorativa utsmyckningar har bevarat sin prägel av på en gång högtidlig och festlig cirkusmiljö.

Länstyrelsen förklarar med stöd av 1 § lagen om byggnadsminnen (SFS 1960:690; 1976:440) Cirkus som byggnadsminne.

Länstyrelsen meddelar enligt 2 § samma lag följande skydds-föreskrifter.

1. Byggnaden får inte rivas eller till sitt yttre byggas om eller på annat sätt förändras.
2. I byggnadens inre får inte göras väsentlig ändring av stomme, rumindelning, äldre fast inredning eller dekorativ utsmyckning i den del, som markerats på bilagda plan- och sektioneritning.
3. Byggnaden skall underhållas så att den inte förfaller. Vård- och underhållsarbetet skall utföras på ett sådant sätt att de kulturhistoriska värdet inte minskar.

Länstyrelsen lämnar råd och anvisningar ifråga om underhållet av byggnaden.

Om ändring av byggnadsminnet i strid mot meddelade skydds-föreskrifter blir nödvändig för att byggnaden skall vara till nytta eller om sådan ändring annars kan anses påkallad av särskilda skäl får länstyrelsen enligt 3 § lagen om byggnadsminnen meddela tillstånd härtill.

Enligt 14 § tredje stycket samma lag gäller detta beslut omedelbart även om det överklagas.

Bevärr till kammarrätten enligt bilaga (formulär A).



I den slutliga handläggningen av detta ärende har deltagit byråchef Mats Larsson, beslutande, bitr länssarkitekt Erik Wretling, länsantikvarie Bengt O H Johansson, länsassessor Karl Henrik Ziefvert samt 1:e antikvarie Gösta Magnusson, föredragande.

Mats Larsson

Gösta Magnusson

Kopia till:

riksantikvarieämbetet och statens historiska museer, delg kvitto  
riksantikvarieämbetet och statens historiska museer, med lagakraftsbevis  
Kungl Djurgårdens förvaltning, Kungl Slottet, 111 30 STOCKHOLM  
Sveriges Television AB, 105 10 STOCKHOLM  
byggnadsnämnden i Stockholms kommun  
Stockholms stadsmuseum

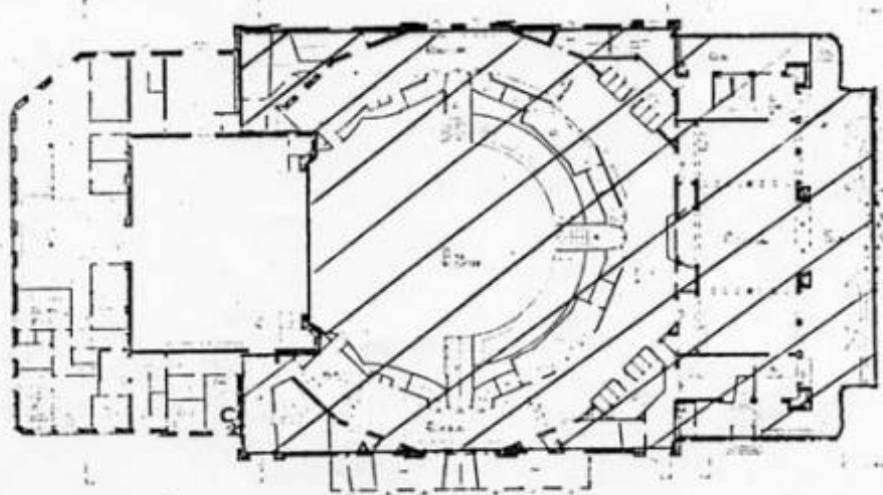
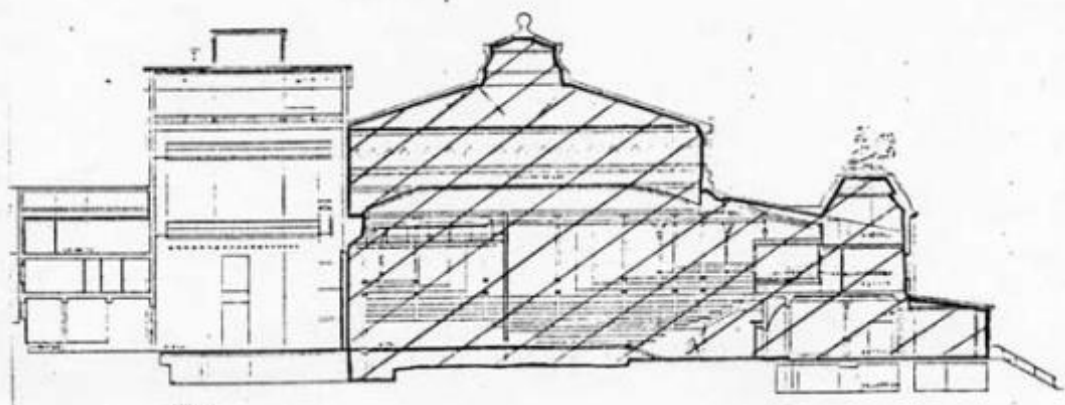
fastighetsregistermyndigheten, med lagakraftsbevis  
planenheten, 2 ex  
juridiska enheten  
länsantikvarien  
byggnadsminnesregistret, med lagakraftsbevis  
akten



= skyddad interiör

Bilaga

Länstyrelsen i Stockholms län  
beslut 1983-12-08  
dnr 11.392-586-02



Länstyrelsen Stockholm



Med grepp av detta slag kom man nära de parodier på 1700-talet som utgjorde privatteaternas upptakt. Redan med "Handen på hjärtat", nyårsrevy 1941, hade stilpräglade upphovsmännen tagit scenen i besittning. Snart följde "Välj Klara", där den återkommande stockholmsprägeln låg i själva namnet. Några år senare hade man funnit termen crazyrevy. Nyåret 1961 kom "Crazy på burk", det var den sista. Året därpå kom ett helt annat författarteam med en svensk revy. Slutligen, 1963, efter en engelsk "satirisk revy" med namnet "Snudd" (Beyond the Fringe), stängdes teatern för gott.

#### Cirkus

eller Cirkusteatern, Djurgårdslätten, byggdes 1889. Arkitekt och byggmästare var Erik Haegglund.

Första stycke var troligen "Shenandoha". Ett drama från amerikanska inbördeskriget. Ågare 1895-97 var Albert Ranft som här använde namnet Arenateatern.

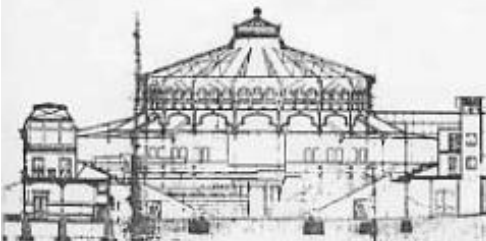
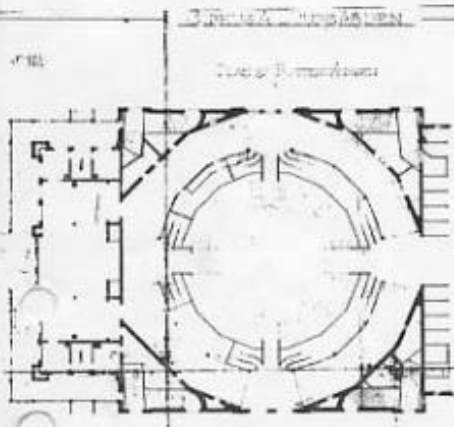
Cirque Moderne kallade Anna Hoffman teatern, som med stöd av sin man, poeten och journalisten Gustaf Uddgren, drev sin Cirkus som en modern internationell varieté med gäster sådana som Yvette Guilbert och Cloo de Mérode, även besök av en kabukiteater från Tokyo. 1911 svenskt historiskt drama om Gustav II Adolf. Tidvis danssalong.

Samma år besöktes teatern av Deutsches Theater, Berlin, som genom Max Reinhardt satte upp "Oidipus Rex" med Alexander Moissi i titelrollen.

Fr o m 20-talet revyer med inslag av internationella världsevenemang och genuina cirkusföreställningar.

Indiskt gästspel 1947. Ram Gopal, följdes efter hand av Dera, även amerikanska. Aftonbladets ungdomsrevy "Vi som vill opp" flyttades hit från China. Uppmärksammade var Stockholmstaterns fyra insättningar åren 1948-49, däribland "Hamlet", regisserad av Henrik Dyfverman och med Stig Järrel i titelrollen samt avslutningsvis "Kvartetten som sprängdes". Kort tid därefter kom Katherine Dunham- och El Greco-baletterna. Näst sista föreställningen var på nytt kabukiteater, Azuma-truppen från Tokyo.

Lokalens förvandling till inspelningslokal skedde 1955, sedan M.R.A. (Moralisk upprustning) avverkat "Den försvinnande ön".



Den som vill överklaga länsstyrelsens beslut skall göra det skriftligen genom besvär hos kammarrätten i Stockholm.

Besvärshandling skall ha kommit in till kammarrätten inom tre veckor från den dag då klaganden fått del av beslutet.

I besvärshandlingen, som skall vara egenhändigt undertecknad av klaganden eller hans ombud, skall anges det beslut mot vilket talan föres, vad som yrkas samt de omständigheter som åberopas till stöd för yrkandet. Klaganden bör vidare uppges bevis som han vill åberopa och vad han vill styrka med varje särskilt bevis.

Klaganden bör i besvärshandlingen uppges namn, personnummer, yrke, postadress och telefonnummer.

Insända besvärshandlingen med posten skall det ske med betalt brev adresserat till: Kammarrätten i Stockholm, Box 2302  
103 17 STOCKHOLM 2.

## **Bilaga B – Rutiner**

Rutinerna som finns förklarade har erhållits av Peter ”Palle” Gustavsson. Texten är en exakt kopia av originalet, förutom att namnen på ansvariga är utbytta och markerade med X.

### **Rutiner**

#### **Inför produktionsstart**

Test av det automatiska brandlarmet, genomgång av ev. brandfarligt

material, upprättande av rutiner mot övrig personal

Ansvarig X, X

Skydds rond/Brand rond

#### **Inför produktionstart samt månadsvis.**

Går varje avdelningsansvarig igenom sin arbetsmiljö/ brandskydd

Protokollförs med åtgärdsansvar på samrådskommittén 1 ggr per månad.

Följespotsoperatörer övar att nedfiras från följespotsbryggan i sele

#### **Föreställning (inför varje föreställning)**

Scenansvarig kontrollerar att:

Brand rond inför varje föreställning som dokumenteras i produktionens

brand rondspärm

Brandgator är fria, ev. felparkerade bilar utropas i högtalarsystemet.

Att ev. timer är aktiverad på larmskåpet.

Öppningsfunktion på nödutgångar testas.

Nöutbelysning

Foajeansvarig kontrollerar att:

Utrymningsvägar är fria, funktionstestar samtliga nödutgångsdörrar

Nödutskyltar

Rapporterar till inspecient

### **Restaurang:**

Hovmästare alt Restaurangchef ansvarar att:

Utrymningsvägar är fria

Funktionstestar stängningsfunktion på nödutgångar

## **Brandinstruktioner**

### **När larmet går!**

Garderob vänster:

**Garderobansvarig** drar för draperierna och står utanför garderoben och hänvisar gästerna att gå direkt ut och ser till så att dom inte hämtar ut sina kläder.

**Garderobiär nr 1:** Ställer sig vid restaurang dörrarna vid damtoaletten och hänvisar ut gästerna genom restaurangen och kollar även att damtoaletten är tom.

**Garderobiär nr 2:** Öppnar alla dörrarna ut mot gatan i biljettfoajén och hänvisar alla gäster ner till parkeringsplatsen utanför restaurangen.

Garderob höger:

**Garderobansvarig** drar för draperierna och står utanför garderoben och hänvisar gästerna att gå direkt ut och ser till så att dom inte hämtar ut sina kläder

**Garderobiär nr 1:** Ställer sig vid restaurang dörrarna vid herrtoaletten och hänvisar ut gästerna genom restaurangen och tittar även att herrtoaletten är tom.

**Garderobiär nr 2:** Öppnar dörrarna ut vid E trappan och går sen upp och hänvisar ut gäster den vägen. Gästerna skall mötas upp på parkeringsplatsen utanför restaurangen.



**Vaktmästare ingång A:** Ställer upp dörrarna in till salongen. En vaktis går in via Ugglas till loge 1 och hänvisar ut gästerna den vägen, den andra går in på parketten och hänvisar ut gästerna.

**Vaktmästare ingång B:** Ställer upp dörrarna till salongen. En vaktis går in i salongen och hänvisar ut gästerna på läktaren genom ingång D, den andre går in i salongen och hänvisar/fördelar gästerna till utgångar där det är minst folk på väg ut. Gästerna skall mötas upp på parkeringsplatserna utanför restaurangen.

**Vaktmästare ingång C:** Ställer upp dörrarna in till salongen och öppnar dom gröna dörrarna ut mot Skansen. En vaktis går in via Ernst Rolf loge till loge 2 och hänvisar gäster ut den vägen, den andra går i på läktare höger och hänvisar ut gästerna genom ingång E.

**Godisförsäljare:** Går in i salongen och hjälper till att hänvisa ut gästerna på parketten.

**Merchandisesäljare:** Hjälper till att hänvisa ut gäster från biljetthojén.

Gästernas upp samling plats är parkeringsplatsen utanför restaurangen.

Vi måste också se till att vägarna utanför huset är framkomliga för brandbilar.

**BRANDINSTRUKTIONER FÖR  
PERSONAL I RESTAURANGEN,  
KÖKET & DISKEN.**

**LÄS IGENOM OCH LÄR ER DETTA SÅ  
ATT NI VET HUR NI SKALL AGERA I  
HÄNDELSE AV BRANDLARM!!!**

**OM BRAND UTBRYTER**

**RÄDDA OCH VARNA**  
Kontrollera om det finns nödställda - Rädda

**LARMA BRANDKÄREN - 112**  
Med uppgift om brandhårdens läge och omfattning

**SLÄCK**  
Lokalisera brandredskapen och försök  
om möjligt att släcka branden

**UTRYM**  
Använd utrymningsvägarna  
Följ pilar och skyltar  
Använd trappan

**UTRYM TILL ÅTERSAMLINGSPLATSEN**  
Restaurangpersonalen samlas vid angiven  
återsamlingsplats för närvarokontroll

**INSTRUKTIONER VID BRANDLARM**

**SERVISPERSONAL I FESTVÅNINGEN**  
Kontrollera att utrymningsvägarna är fria och att dörrarna kan stängas. Servispersonalen placeras sig vid SPIRALTRAPPAN VID PENTRYT & FESTVÅNINGSTRAPPAN. Hänvisa folk till NÖDUTGÅNGARNA (RESPEKTIVE TRAFFA). När Festvåningen är tom återsamlas personalen vid angiven återsamlingsplats.

**SERVISPERSONAL I MATSALEN**  
Kontrollera att utrymningsvägarna är fria och att dörrarna kan stängas. Servisen placeras sig vid STORA VERANDAN, LILLA VERANDAN OCH #20 (markerade med A). Hänvisa folk till NÖDUTGÅNGARNA (STORA ENTRÉN & RESTAURANGGARDEROBEN/FESTVÅNINGSTRAPPAN). När Restaurangen är tom återsamlas personalen vid angiven återsamlingsplats.

**BARPERSONAL I MATSALEN**  
Kontrollera att utrymningsvägarna är fria och att dörrarna kan stängas. Barpersonalen placeras sig framför DÖRREN TILL DISKEN OCH BARDISKEN (markerade med B). Hänvisa folk till NÖDUTGÅNGARNA (STORA ENTRÉN). När Restaurangen är tom återsamlas personalen vid angiven återsamlingsplats.

**KÖKS & DISK-PERSONAL**  
Kontrollera att utrymningsvägarna är fria och att dörrarna kan stängas. Köks & Disk-personal placeras sig vid DÖRRARNA TILL SPIRALTRAPPAN OCH NEDANFÖR SPIRALTRAPPAN (markerade med C). Hänvisa folk till NÖDUTGÅNGEN (PERSONALENTRÉN/LASTINTAGET). När Restaurangen är tom återsamlas personalen vid angiven återsamlingsplats.

**ÅTERSAMLINGSPLATS**  
Restaurang, Köks & Disk-personalen återsamlas nedanför VÄNSTER UTESERVERING (HÖRNET VID PERSONALENTRÉN/LASTINTAGET) för närvarokontroll.

**OBS!!! ALLA BRANDLARM ÄR ATT BETRakta SOM RIKTIGA TILLS DESS ATT  
ANNAT BESKED KOMMER FRÅN BRANDANSVARIGE!**

**OBS!!!**



## Bilaga C – Dimensionerande bränder

I bilagan redovisas beräkningar och antaganden gällande effektutveckling för respektive scenario.

### C.1 Teori

En effektutvecklingskurva kan delas in i tre olika faser: tillväxtfas, konstant fas samt avsvalningsfas. Tillväxtfasen pågår tills maximal effekt uppnåtts, konstant fas pågår tills 80 % av bränslet har förbrukats och avsvalningsfas pågår tills resterande 20 % av bränslet förbrukats (Staffansson, 2010).

För beräkning av den potentiellt maximala effektutvecklingen vid en rumsbrand används nedanstående ekvationer. Ekvation C.1 beskriver hur massflödet av syre in i brandrummet beror av öppningarnas dimensioner (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$\dot{m}_{luft} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad \text{C.1}$$

Ekvation C.2 beskriver effektutvecklingen vid förbränning av syre i brandrummet. I denna ekvation begränsas massflödet av syre genom ekvation C.1 (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$\dot{Q} = \dot{m}_{luft} \cdot \Delta H_{c,syre} \cdot X \quad \text{C.2}$$

Om hänsyn tas till den nedre brännbarhetsgränsen för syre kan detta skrivas som (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$\dot{Q} = 13100 \cdot X \cdot (0,23 - b) \cdot 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad \text{C.3}$$

Där 13100 kJ/kg är energimängd per kilogram syre i rummet där branden befinner sig. Syrenivån i luften antas till 23 vol%.

För att avgöra tillväxthastigheten för brand i de olika materialen används en så kallad  $\alpha^2$ -kurva där tillväxthastigheten bestäms utifrån olika försök. Detta är det vanligaste sättet att beskriva en tillväxt för en brand (Staffansson, 2010). Då data från försök där effekten och tiden finns att tillgå används detta. De olika tillväxthastigheterna summeras och ger en total effektkurva för hela brandförloppet. För att bestämma tiden när ett material når dess maximala effekt löses tiden ut ur  $\alpha^2$  enligt:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t_{tillväxt}^2 \rightarrow t_{tillväxt} = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} \quad \text{C.4}$$

### C.1.1 Energi i material

Genom att integrera ekvation C.4 fås den förbrukade energin under tillväxtfasen. Ekvationen för detta anges nedan (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$E_1 = \frac{\alpha (t_{tillväxt})^3}{3} \quad C.5$$

För att bestämma hur länge konstant fas och avsvlningsfas pågår är utgångspunkten mängden tillgänglig energi som finns i bränslet. Energimängden i bränslet bestäms av följande ekvation (Staffansson, 2010):

$$E_{tot} = \Delta H_c \cdot X \cdot m \quad C.6$$

Konstant fas anses inte pågå tills att all energi är förbrukad då inte lika stor del av energin längre kan delta i förbränningen. För att avgöra när avsvlningsfasen påbörjar används att 80 % av energin då ska vara förbrukad (Staffansson, 2010).

För att bestämma hur länge tillväxtfas och konstant fas pågår, det vill säga tills 80 % av energin blivit förbrukad, används följande ekvation (Staffansson, 2010):

$$t_{steady\ state} = \frac{(E_{tot} - E_1 - 0,2 \cdot E_{tot})}{\dot{Q}} + t_{tillväxt} \quad C.7$$

För att bestämma tiden för avsvlningsfasen används resterande 20 % av energimängden och följande ekvation (Staffansson, 2010):

$$\frac{2 \cdot 0,2 \cdot E_{tot} + \dot{Q} \cdot t_{steady\ state}}{\dot{Q}} = t_{decay} \quad C.8$$

### C.1.2 Jämförelser med BBRAD

BBRAD har tagit fram riktvärden som inte bör understigas vid dimensionerande brandscenarier. Dessa återfinns i Tabell 25 och används som jämförelse med de effektkurvor som tagits fram.

Tabell 25. Dimensionerande tillväxthastighet, effektutveckling och förbränningsvärme i det tidiga brandförloppet enligt BBR (Boverket 1, 2013).

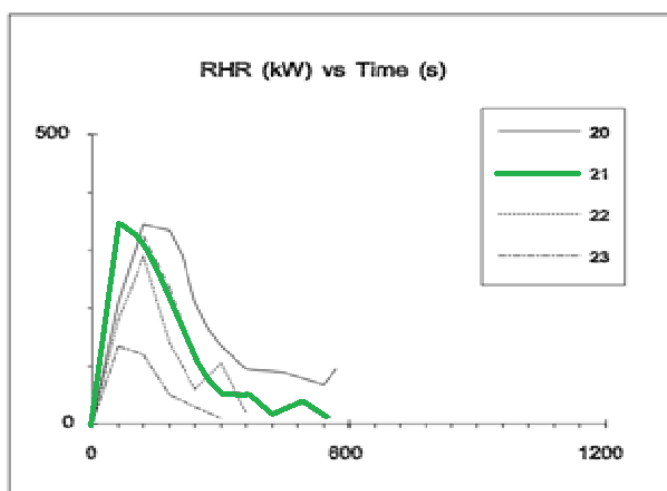
Verksamhet	Tillväxthastighet [kW/s <sup>s</sup> ]	Effektutveckling [MW]	Förbränningsvärme [MJ/kg]
Kontor och skolor	0,012	5,0	16
Bostäder, hotell och vårdlokaler	0,047	5,0	20
Samlingslokaler	0,047	10,0	20
Alla verksamheter för erfordrat brandscenario 3	Enligt rad 1-3	2,0	20

Med hänsyn till automatiska släcksystem finns ett allmänt råd att hämta ur BBRAD § 3.3.5 *Påverkan av automatiska släcksystem*. Detta säger att om effektutvecklingen, vid aktivering av en automatisk vattensprinkleranläggning, är högst 5,0 MW kan effektutvecklingen reduceras. Reduceringen innebär att effektutvecklingen hålls konstant under första minuten efter aktivering för att sedan minska till en tredjedel av effekten och hållas konstant på resten av förloppet. Om brandens effektutveckling vid sprinkleraktivering är större än 5,0 MW ges rådet att effektutvecklingen ska antas vara konstant efter sprinkleraktivering (Boverket 3, 2013).

### C.2 Effektutveckling för brand i salongen

Branden i salongen antas starta i rekvisitan som finns utplacerad på kongressscenen för att sedan spridas till det lilla huset samt draperiet. Informationen om kartongerna är tagen från *Enclosure Fire Dynamics*, där tillväxthastigheten är 0,047 kW/s<sup>2</sup> och effekten per area är 1700 kW/m<sup>2</sup> (Karlsson & Quintiere, 2000). Effekten gäller för kartonger som staplats på en höjd av 4,5 meter och korrigeras mot höjden på kartongerna på 2 meter som antagits i scenariot. Effekt per area korrigeras till 756 kW/m<sup>2</sup> och måttet på en kartong sätts till 0,3 x 0,6 x 0,4 meter (bredd x längd x höjd). I beräkningen ingår 10 kartonger som står staplade med två i bredd och fem i höjd. Bottenaren på kartongerna blir 0,36 m<sup>2</sup>. Energimängden för kartongerna sätts till 13,2 MJ/kg enligt värden för kartong i SFPE:s handbok (SFPE, 2002).

Dessutom förutsätts det att kartongerna inte är tomma. Innehållet kan tänkas vara pappersmaterial av olika slag för till exempel en konferens. Det som används för att representera detta var sopsäckar med pappersmaterial från experimentdata i Initial Fires test Y3.4/21 (Särdqvist, 1993). Kartongerna uppskattas innehålla tre stycken sopsäckar med pappersmaterial, vilket kan jämföras med kongressmaterial förvarat i kartonger. I Figur 44 visas den experimentdata som använts i form av en grönfärgad kurva.  $\Delta H_{\text{effektiv}}$  som användes var 13 MJ/kg, då det bedöms vara en blandning av olika sorters pappersmaterial (SFPE, 2002).



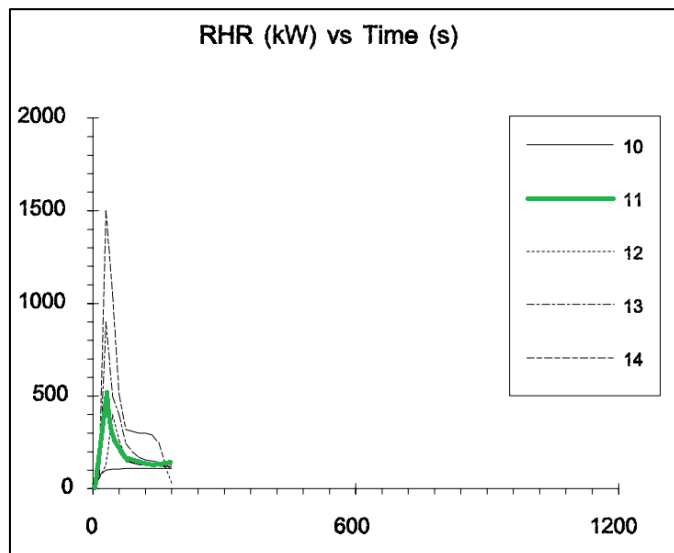
Figur 44. Effekttutveckling för innehållet. Nummer 21 är den effekt som används för scenariot i salongen (Särdqvist, 1993).

Huset har approximerats med avseende på hur stor yta det är som brinner. Effekten när trä brinner är uppskattad från försök gjorda av SP och sätts till 200 kW/m<sup>2</sup> (SP 1, u.d.). Storleken har uppskattats till 15 m<sup>2</sup>. Hela huset förväntas inte brinna samtidigt varpå den maximala effekten uppskattats till 2000 kW, vilket innebär att cirka två tredjedelar av huset brinner samtidigt. Tillväxthastigheten sätts till 0,047 kW/s<sup>2</sup> baserat på ovan nämnt experiment, massan för huset uppskattades till 150 kg och förbränningsvärme till 13 MJ/kg (SFPE, 2002).

Enligt uppgift av Gustavsson är alla textilier på Cirkus flamskyddade, men vilken klass dessa har är inte känd<sup>5</sup>. I beräkningar för att bestämma effektkurva för matsalsbranden och salongsbranden användes test Y7/11 (test 11) i Initial Fires för ett flamresistent draperi (Figur 45). Testet genomfördes i rumskalorimeter där draperiet fick hänga fritt längs en vägg, vilket kan jämföras med scenariot i matsalen. Som antändningskälla användes i testet en gasbrännare med en effekt på 100 kW (Särdqvist, 1993). Detta medför att draperiet antas

<sup>5</sup> Peter ”Palle” Gustavsson, vd Cirkus, platsbesök 30 januari 2014

antända då branden nått en effekt på 100 kW. Effekten som draperiet uppnår uppskattas uppgå till cirka 200 kW. Förbränningsvärme för draperiet sattes till 20 MJ/kg vilket motsvarar värdet för polyester (SFPE, 2002).



Figur 45. Effekttutveckling för draperiet. Nummer 11 (grön linje) är effekten som används för scenariot i matsalen och salongen (Särdqvist, 1993).

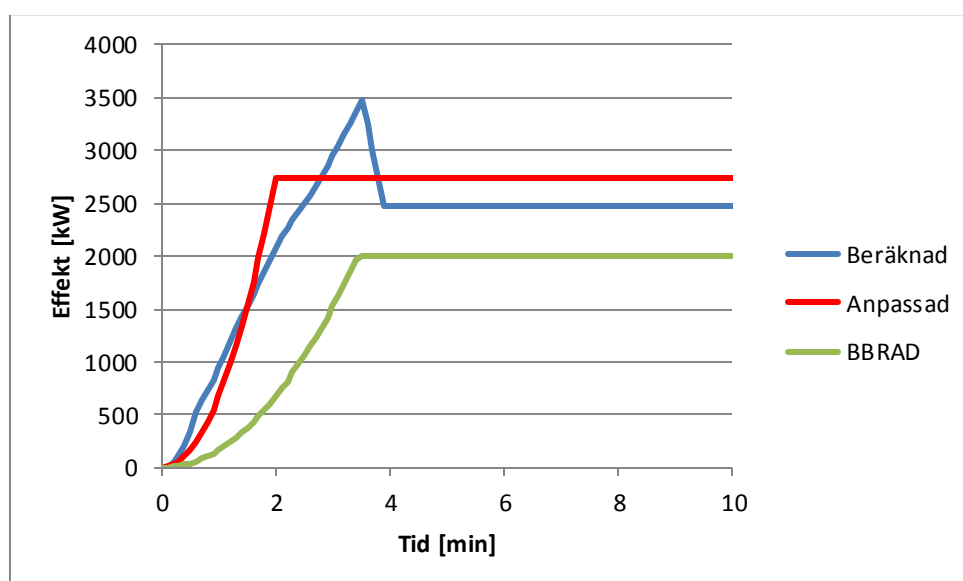
Som scenariot är uppställt antas det att större delen av materialet som står på kongressscenen är placerat tätt, vilket kan vara mycket föränderligt beroende på vad för kongress som hålls. Vidare är möblerna valda utifrån vad som kan tänkas är vanligt förekommande vid kongresser. Det anses att pappersartiklar, som till exempel informationsblad, är vanligt samt att dessa kan förväntas förvaras i kartonger eller lådor. Det lilla huset antas representera att stora mängder brännbart material finns uppställt. Det anses att konfigurationen och mängden material som inverkar i branden är mycket föränderligt men att givet scenario är ett av de värsta troliga.

Effekttutvecklingen beräknas först för när sprinklersystemet inte fungerar och inte har någon inverkan på branden. Effekttutvecklingen presenteras i Tabell 26 för att redovisa vilka av möblerna som bidrar mest till den totala effekttutvecklingen vid olika tider. Branden antas inte sprida sig vidare till övriga möbler inom den tid det tar för personerna att evakuera.

Tabell 26. Effektutvecklingen för salongen vid olika tidpunkter.

Tid	Kartonger [kW]	Innehållet [kW]	Huset [kW]	Draperiet [kW]	Totalt [kW]
30 sekunder	40	260	40	20	360
1 minut	170	510	170	200	870
2 minuter	270	1050	680	200	975
3 minuter	270	1050	1520	200	3040
5 minuter	270	0	2000	200	2470
10 minuter	270	0	2000	200	2470
15 minuter	0	0	2000	200	2200

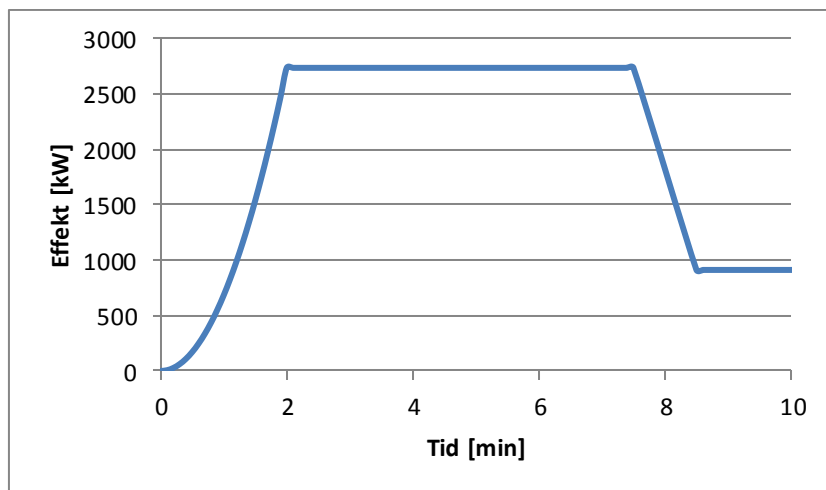
Effektutvecklingskurvan presenteras i Figur 46. Den gröna kurvan är den beräknade och den blå kurvan har anpassats för simulering. Anledningen till att kurvan anpassats är att den beräknade består av olika experiment som har lagts ihop till en enhet. Detta gör att det bidrar till osäkerheter och den beräknade kurvan anpassas till en  $\alpha^2$ -kurva med ett  $\alpha$ -värde på 0,19 kW/s<sup>2</sup>. I figuren jämförs även den beräknade effektkurvan med rekommendationer från BBRAD. Detta för att visa att den beräknade effektkurvan är objektsanpassad.



Figur 46. Effektkurva för salongen i jämförelse med Boverkets råd för analytisk dimensionering.

Om hänsyn tas till när sprinkleraktivering sker blir effektutvecklingen för den anpassade effektutvecklingen enligt Figur 47. Sprinkleraktivering sker efter 6,5 minuter enligt simuleringar i CFAST när sprinklerna har ett RTI-värde på 100 (m/s)<sup>0,5</sup>.





Figur 47. Effektutveckling för salongen med sprinkler med ett RTI-värde  $100 \text{ (m/s)}^{0.5}$  enligt metodiken från BBRAD.

### C.3 Effektutveckling för brand i garderoben

Vid garderobsbranden antas allt bränsle vara samlat på ett ställe. Detta innebär att tillväxthastigheten för branden främst beror av  $\alpha$ -värdet för bränslet. Bränslets  $\alpha$ -värde uppskattas genom att undersöka olika experiment och rapporter. När det inte finns ett exakt  $\alpha$ -värde beräknas detta enligt ekvation C.4. I vissa rapporter finns även data för förbränningsvärme. Dessa presenteras i

Tabell 27. Nedan följer en närmare beskrivning över försöksupställningen i de olika rapporterna som värden hämtas från.

#### 1. Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå.

Rapporten är skriven av Björn Johansson för Lunds Tekniska Högskola. Resultatet är hämtat ur rapporten där ett fullskaligt experiment med brand i jackor placerade i en container har utförts. Målet med experimentet var att efterlikna en garderob på en nattklubb.

Inne i containern placerades en stålram, som skulle efterlikna ett klädställ, på en våg för att kunna bestämma massavbrinningshastigheten. I klädstället fanns 103 jackor av olika modell och material samt några skor och paraplyer, se Figur 48.



Figur 48. Ovan nämnda försöksupställning (Johansson, 2004).

Måtten på containern var 4,5 x 7 x 2,4 m (bredd x längd x höjd). Detta ger en total volym på 75,6 m<sup>3</sup>. Garderober i Cirkus är ungefär 65 m<sup>3</sup>, vilket gör att experimenten anses vara jämförbart med Cirkus garderober. Det som skiljer utrymmena åt är materialet på väggar, golv och tak samt storleken på öppningarna.

Den maximala effekten för experimenten uppnådde 4 MW vilket tog cirka 90 sekunder. Utifrån detta kan det beräknas fram en tillväxthastighet enligt C.4:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} \rightarrow \frac{4000}{90^2} \approx 0,49 \text{ kW/s}^2$$

Detta värde är högt i jämförelse med *Enclosure Fire Dynamics* där förbränningshastighet på 0,19 kW/s<sup>2</sup> klassas som "ultra fast" (Karlsson & Quintiere, 2000). En anledning till det höga värdet är att antändning skedde med gasoltändare med en låga på 0,05 meter samt att jackorna antändes i mitten av klädställningen för att säkerställa att alla jackor började brinna då det inte fanns möjlighet att göra om försöket. På grund av den containerns utformning blir även återstrålningen från branden hög. Enligt beräkningarna i rapporten är  $\Delta H_c = 21 \text{ MJ/kg}$ .

## 2. Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler.

Rapporten är skriven av Marcus Abrahamsson för Lunds Tekniska Högskola. I rapporten beskriver Abrahamsson hur effektutvecklingen kan se ut när ett klädställ börjar brinna och sprider sig till intillhängande jackor. Massavbrinningshastigheten antas vara samma som polyester (0,018 kg/m<sup>2</sup>s) vilket ger en maximal effekt på 3 MW. Enligt Abrahamsson nås denna effekt efter 500 sekunder, vilket ger:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} \rightarrow \frac{3000}{500^2} = 0,012 \text{ kW/s}^2$$

Detta värde motsvarar förbränningshastigheten ”medium” i *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000). Abrahamsson skriver även att det skulle krävas cirka 30-35 kg polyester för att kunna underhålla branden under hela förloppen ( $\Delta H_c = 30 \text{ MJ/kg}$ ).

Ett annat exempel gällande effektutveckling i Abrahamssons rapport är försöket på ett klädställ på en klädesavdelning i ett varuhus. Den maximala effekten uppgick till 6 MW efter ungefär 350 sekunder. I detta försök antas massavbrinningshastigheten vara samma som för polyester. Arean på branden ska motsvara 1-2 stycken fulla cirkulära klädställ. Även i detta försök anges  $\Delta H_c$  till 30 MJ/kg. Tillväxthastigheten blir enligt ekvation C.2:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} \rightarrow \frac{6000}{350^2} \approx 0,049 \text{ kW/s}^2$$

Detta värde motsvarar ”fast” i *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000).

## 3. Fire Tests of Men’s Suits on Racks, NIST 2001.

Rapporten är skriven för National Institute of Standards and Technology av D.W. Stroup, L. DeLauter och G. Roadarmel. Experimentet är gjort på ett klädställ med kavajer som har antänts. Kavajerna var upphängda på ett klädställ som ska motsvara de som ofta finns i klädesbutiker. Galgarna var av plast med metallkrokar. Hela klädstället var placerat på en våg så massavbrinningshastigheten kunde mätas. Totalt brändes 48 kostymer per försök. Tre olika försök genomfördes, varav två var likadana. Vid det tredje försöket flyttades antändningspunkten från mitten till ena ändan av klädstället. Den maximala effekten av de tre försöken uppgick till i snitt 1,5 MW efter cirka 350 sekunder. Detta leder till:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} \rightarrow \frac{1500}{350^2} \approx 0,012 \text{ kW/s}^2$$

Värdet 0,012 kW/s<sup>2</sup> klassas som ”medium” för tillväxthastigheten (Karlsson & Quintiere, 2000).

#### 4. Design Fires for Commercial Premises – Results of Phase 2

Rapporten är skriven av A.C. Bwalya och G. Hadjisophocleous för National Research Council Canada. Försöket har gjorts för att efterlikna en klädbutik. Försöket gjordes i ett rum med dimensionerna 2,75 x 3,6 x 2,4 m (bredd x längd x höjd). Inne i rummet placerades kläder med en total vikt av 70,88 kg. Resultatet i försöket uppnådde en maximal effekt på 2,7 MW. För branden att nå denna effekt tog det 152 sekunder. Detta ger en tillväxthastighet enligt ekvation C.2:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow \alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2} \rightarrow \frac{2700}{152^2} \approx 0,117 \text{ kW/s}^2$$

Värdet ligger mellan tillväxthastigheterna ”fast” och ”ultra fast” (Karlsson & Quintiere, 2000).

I rapporten framgår det även att den totala energimängden som frigjordes var 1482 MJ. Eftersom massan i försöket var antecknad går det att beräkna ett värde för  $\Delta H_c$  enligt.

$$\Delta H_c = \frac{E}{m} = \frac{1482}{70,88} \approx 21 \text{ MJ/kg}$$

Detta värde kan jämföras med värdet i försöket ur *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå* (Johansson, 2004).

I

Tabell 27 sammanställs de värden som beskrivits för de olika rapporterna som studerats.

Tabell 27. Sammanfattning av resultat från rapporter gällande brand i kläder.

Typ	$\alpha$ [kW/s <sup>2</sup> ]	Tid [s]	Q [MW]	$\Delta H_c$ [MJ/kg]	Källa
1	0,49	90	4	21	(Johansson, 2004)
2A	0,012	500	3	30	(Abrahamsson, 1997)
2B	0,049	350	6	30	(Abrahamsson, 1997)
3	0,012	350	1,5	21	(D.W. Stroup, 2001)
4	0,117	152	2,7	-	(A.C. Bwalya, 2007)

Tillväxthastigheten väljs till  $0,047 \text{ kW/s}^2$  då detta anses representativt för den studerade litteraturen. Det valda värdet för tillväxthastigheten är dessutom rekommenderat värde för en dimensionerande brand enligt BBRAD (Boverket 3, 2013).

Förbränningsvärme valdes till  $21 \text{ MJ/kg}$  eftersom det är taget från ett försök baserat på en brand i garderob. Samtidigt är det rekommenderade värdet för  $\Delta H_c$  till  $20 \text{ MJ/kg}$  enligt BBRAD (Boverket 3, 2013). Då förbränningsvärme  $21 \text{ MJ/kg}$  används innebär det att lite mindre sot kommer att bildas, men det används ändå då detta är värden från ett försök och BBRAD är ett mer generellt värde.

Syremängden i ryttargången som finns att tillgå för branden i garderoben antas inte begränsa branden. Detta för att ryttargången anses vara stor i förhållande till garderoben och har flertalet dörrar som troligtvis inte kommer att vara stängda under hela tiden en utrymning av lokalen pågår. Däremot kommer öppningarna mellan garderoben och ryttargången begränsa brandens maximala effekt.

### Effektberäkningar

Den maximala effekten i garderoben kan uppgå till  $3,2 \text{ MW}$  enligt ekvation C.3 eftersom arean för öppningen är  $6,2 \text{ m}^2$  och höjden för öppningen är  $1,3 \text{ m}$ . Den energin som kan frigöras i syre är ungefär  $13,1 \text{ MJ/kg}_{\text{syre}}$ . Förbränningseffektivitet bedöms till  $70 \%$  eftersom branden är sotande och den lägre brännbarhetsgränsen för syre sätts till  $13 \text{ vol}\%$  (Drysdale, 2011).

$$\dot{Q} = 13,1 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot (0,23 - 0,13) \cdot 6,2 \cdot \sqrt{1,3} \approx 3,2 \text{ MW}$$

Tid tills den maximala effekten uppnås beräknas till  $4$  minuter med hjälp av den maximala effekten samt tillväxthastigheten för branden enligt ekvation C.4.

$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{3200}{0,047}} \approx 4 \text{ minuter}$$

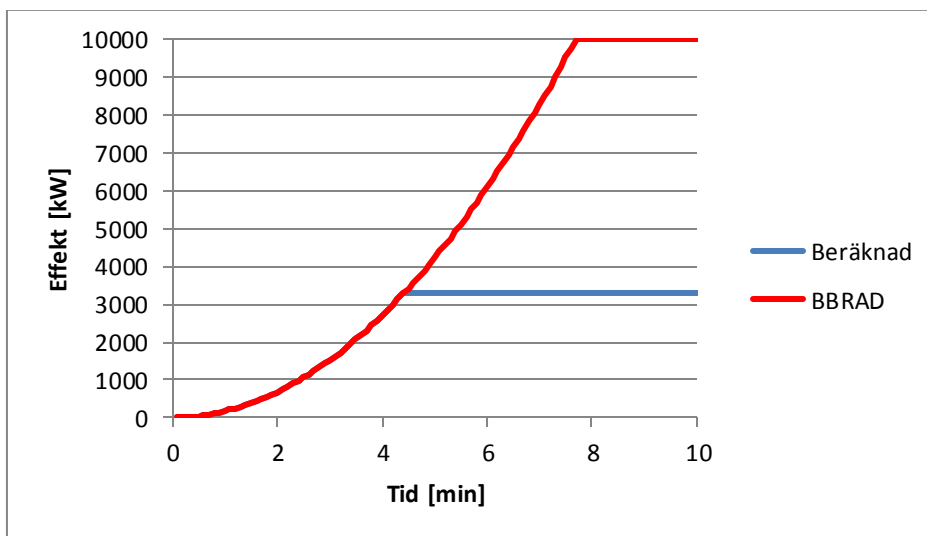
Vikten per jacka antas till  $1,0 \text{ kg}$  (Johansson, 2004) och antalet jackor uppskattas till  $875$  stycken. Energiinnehållet i bränslet blir då enligt ekvation C.9:

$$E_{\text{garderob}} = 21 \cdot 0,7 \cdot (1,0 \cdot 875) \approx 12900 \text{ MJ}$$

Tiden när konstant fas går över i avsvalningsfas fås av:

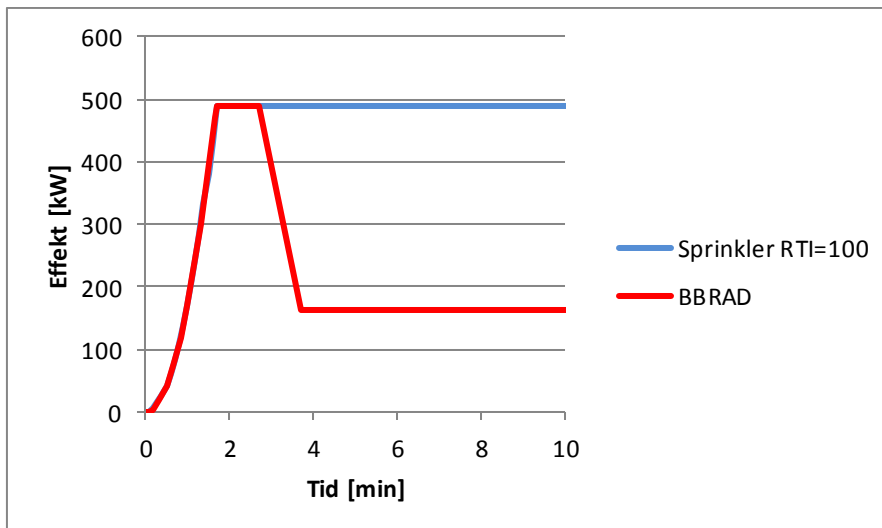
$$\frac{12900 \cdot 0,8}{3,2} + 4 \text{ minuter} \approx 56 \text{ minuter}$$

Detta resulterar i effektutvecklingskurvan i Figur 49 där enbart de första 10 minuterna ingår. Detta då endast det tidiga skedet av branden är intressant ur utrymningssynpunkt. Dessutom jämförs den beräknade effektkurvan med den som rekommenderas i BBRAD. Detta för att visa att den beräknade effektkurvan är objektsanpassad för Cirkus.



Figur 49. Den beräknade effektkurvan över brand i garderoben i jämförelse med effektkurvan från BBRAD.

För fallet med sprinkleraktivering har en aktiveringstid för sprinklersystemet tagits fram i FDS. Denna tid beräknades till cirka 100 sekunder vid ett RTI på  $100 \text{ (m/s)}^{0,5}$  och en aktiveringstemperatur på  $74 \text{ }^\circ\text{C}$  (Svenska Brandförsvärsföreningen 1, 2001). Till följd av garderobens komplicerade geometri samt att jackorna hänger tätt ihop förväntas sprinkler inte kunna begränsa branden utan istället hålla den på en konstant nivå. Denna presenteras Figur 50. Detta medför att den dimensionerande effektkurvan vid sprinkleraktivering blir högre än effektkurvan från BBRAD.

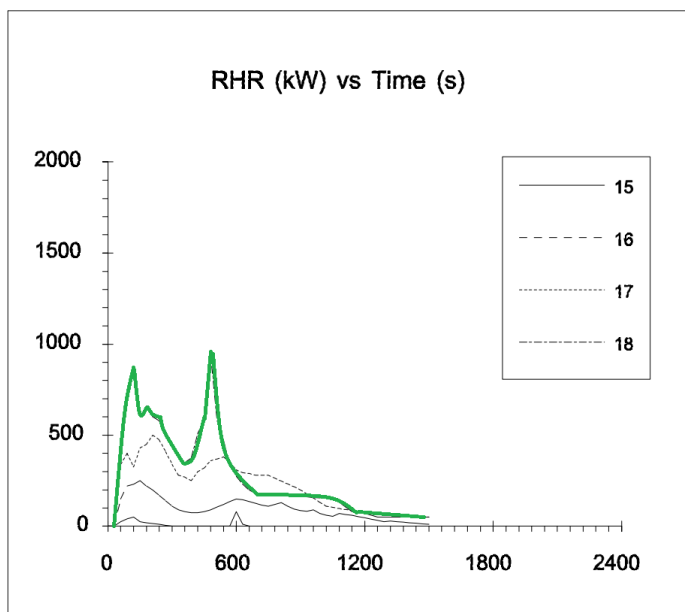


Figur 50. Effektutveckling för garderoben med sprinkler med RTI-värde på 100 (m/s)0,5 enligt BBRAD och effektkurvan som används.

### C.4 Effektutveckling för brand i matsalen

För att beräkna en effektutveckling för den anlagda branden i matsalen undersöks olika experiment som sammanställs till en gemensam effektkurva anpassat för scenariot. De experiment som undersöks jämförs med de möbler som finns i matsalen för att efterlikna så gott som möjligt. Uppställningen av möblerna i matsalen kan varieras men materialet på dessa antas konstant. Möblerna i matsalen är till största del gjorda i trä varför värden från försök med trä anses gällande.

För stolarna användes försök Y5.0/18 (försök 18) från Initial Fires, se Figur 51. Dessa stolar motsvarar åtta stycken stolar placerade i en stapel. Stolarna består vardera av en metallram, 0,5 kg polyuretan skum samt två kg cellulosamaterial (Särdqvist, 1993). För experiment Y5.0/18 är dessutom stolarna placerade i ett hörn av rummet, vilket stämmer väl in i scenariot för matsalen. Ur experimentet erhöles  $\Delta H_{\text{effektiv}}$  till 18 MJ/kg. Stolarna bränns i en så kallad möbelkalorimeter.

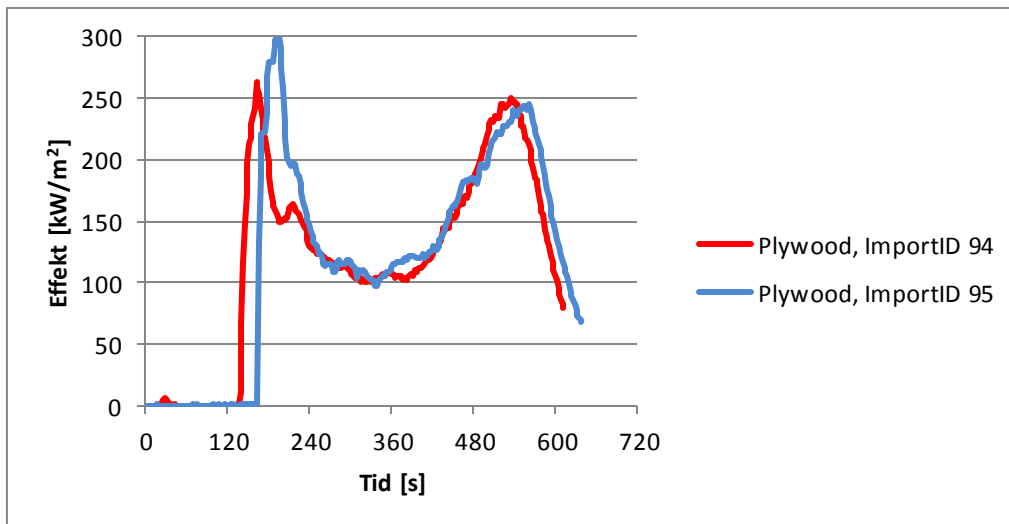


Figur 51. Effektutveckling för stolar. Nummer 18 är den effekt som används för scenariot i matsalen (Särdqvist, 1993).

Materialet på borden antas ha liknanden egenskaper som plywood (SP 2, 2003). Effektutvecklingen för detta har tagits från försök i konkalorimetern enligt ISO 5660 utfört av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. ISO 5660 är en metod som enligt SP kan användas för modellering av bränder i större skala. Testmetoden ISO 5660 syftar till att parametrar så som antändningsegenskaper, effektutveckling, energimängd, massförlust, värmevärde och rökproduktion ska bestämmas. Försök enligt denna standardiserade metod genomförs genom att testmaterialet, med maximala dimensionen 100 x 100 x 50 mm, utsätts för strålning i en konkalorimeter. Testmaterialet avger pyrolysgaser som vid tillräcklig koncentration antänder med hjälp av en gnisttändare. Rökgaserna förs in i en huv och analyseras. Utifrån denna analys kan ovan nämnda parametrar bestämmas (SP 3, u.d.).

Från SP Fire Database hämtas värden från två försök för att validera respektive resultat. Vid beräkningarna har data från ImportID 94 använts (SP 1, u.d.). I det valda försöket var  $\Delta H_{\text{effektiv}} 11,8 \text{ MJ/kg}$ .





Figur 52. Figuren visar effektutvecklingen per kvadratmeter för två olika försök med plywood från SP Fire Data Base (SP 1, u.d.).

För draperiet i matsalen har samma experiment och effektkurva använts som för draperiet i salongen, se Figur 45 och Tabell 26.

Den anlagda branden i matsalen placeras under stolarna som står i hörnet. Då antändning sker börjar stolarnas effekt att tillväxa enligt effektkurvan för experimentet. Då effekten på stolarna nått 100 kW antänds draperiet. Draperiet har förbrukats på energi efter cirka sex minuter.

För att borden ska börja brinna krävs det påverkan från den övriga branden. Vid de experimenten som effektutvecklingen för borden är hämtade från utsätts proverna för en infallande strålning på 25 kW/m<sup>2</sup>. Detta gör att proverna vid experimentet inte antänder direkt utan att det dröjer innan antändning av materialet sker. Denna tid har använts för att avgöra när borden antänds. Branden antas inte sprida sig vidare till övriga möbler inom den tid det tar för personerna att evakuera.

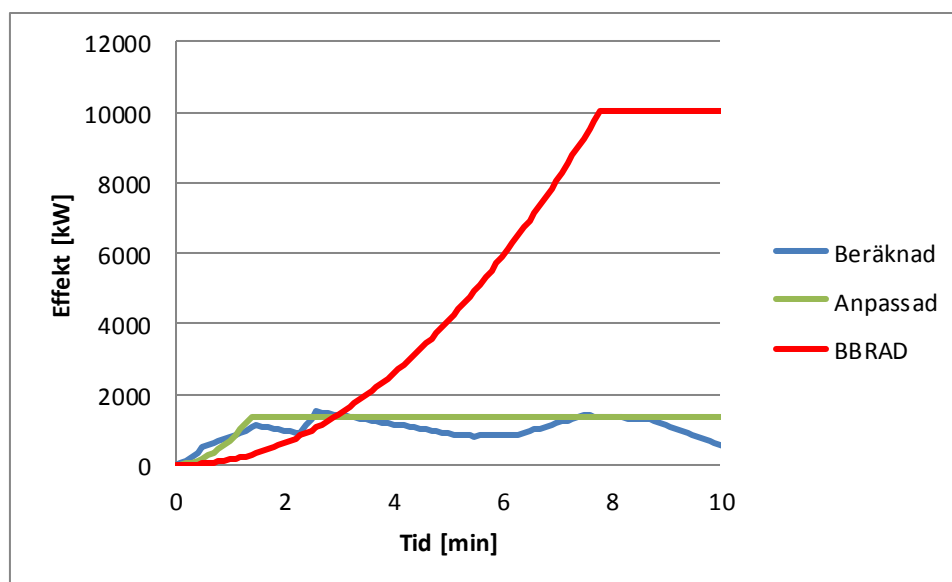
I Tabell 28 redovisas effekten vid olika tidpunkter. Detta används för att förtydliga när de olika möblerna antänder och brinner ut, samt för att visa vilka möbler som bidrar mest till den totala effektutvecklingen.

Tabell 28. Effektutvecklingen för matsalen.

Tid	Stolar [kW]	Draperi [kW]	Bord [kW]	Totalt [kW]
1 minut	600	200	0	800
2 minuter	775	200	0	975
3 minuter	600	200	600	1400
5 minuter	400	200	300	900
10 minuter	350	0	250	600

I beräkningar för effektutvecklingskurvan har hänsyn inte tagits till eventuell förbrinntid. Detta då det antas vara en anlagd brand som initierar förloppet. Antagandet gör att stolarna snabbt involveras i brandförloppet.

Hela effektkurvan finns presenterad i Figur 53. Den blå kurvan är den beräknade effektutvecklingskurvan och den gröna kurvan är den anpassade effektutvecklingskurvan som används vid simuleringar. Anledningen till att den beräknade anpassas är att effektkurvan består av olika experiment som är sammanfogade. Anpassningen har gjorts med en  $\alpha^2$ -kurva där tillväxthastigheten är  $0,19 \text{ kW/s}^2$  vilket motsvarar "ultrafast" (Karlsson & Quintiere, 2000). I figuren jämförs även den beräknade effektkurvan med effektkurvan från BBRAD. Detta för att visa att den beräknade effektkurvan är objektsanpassad för matsalen på Cirkus.



Figur 53. Effektutvecklingskurva för branden i matsalen. Jämförelse av beräknad och anpassad effektutvecklingskurva samt effektutvecklingskurva hämtad från BBRAD.

## Bilaga D – CFAST

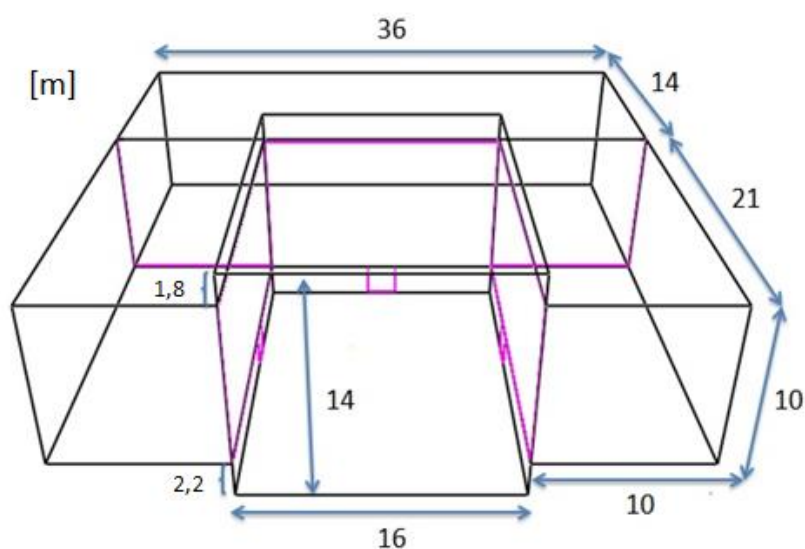
Nedan följer beräkningar utförda i programmet CFAST.

### D.1 Förenklingar och antaganden

Vid simulering i programmet CFAST görs en del förenklingar av rummets geometri eftersom programmet endast kan bygga rum i form av rätblock. Nedan följer de förenklingar och antaganden som gjorts vid respektive simulering.

#### D.1.1 Utan scenhus

För att på bästa sätt efterlikna salongens utformning har rummet delats in i varsitt område för salongsgolv och läktare. Salongsområdet i simuleringen har liknande bredd, längd och takhöjd som parketten har i verkligheten. Läktarområdet som omsluter salongsgolvet har golvnivån högre upp än salongsgolvet samt en lägre takhöjd för att efterlikna verkligheten med upphöjda läktare och lutande tak. Geometrin som använts i simuleringar presenteras i Figur 54.



Figur 54. Geometri för salongen i CFAST.

Vid dimensionering av rummet har fokus lagts på att behålla samma rumsvolym som i verkligheten då detta är viktigt när brandgasfyllnad undersöks. Vidare placeras öppningarna ut från rummet så nära sin verkliga position som möjligt. Dörrarna har dimensionerna  $2 \times 2 \text{ m}^2$  och är öppna under hela simuleringen.

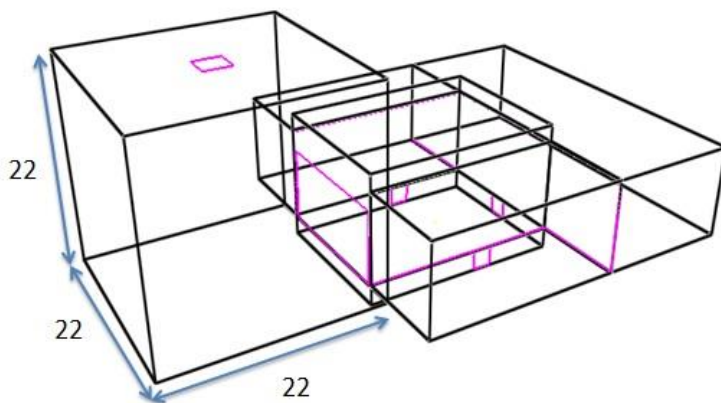
En annan förenkling som gjorts är att brandens effekt i förhållande till rummets storlek är lägre än vad som krävs för att uppfylla kriteriet som rekommenderas i Tabell 2. Det

förhållande som råder i simulering av brand i salongen har ändå accepterats efter en kontroll med den tekniska guiden för CFAST. I denna beskrivs en studie för validering av simulering i stora utrymmen. Försöket genomfördes i en hangar med sex gånger större volym än salongen och med en brand med knappt dubbla effekten än den i salongen. I studien ansågs inte programmet ge stora avvikelser i sina beräkningar i detta stora utrymme. Detta leder till slutsatsen att simuleringen i salongen som har bättre förhållanden bör ge en fingervisning av brandförloppet (Peacock, et al., 2005).

### D.1.2 Med scenhus

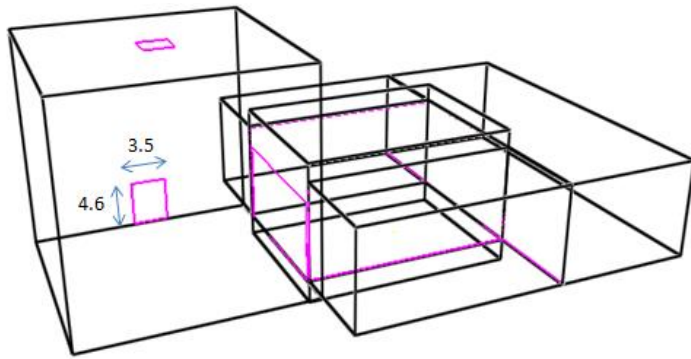
Även förenklingar av scenhusets geometri har fokuserat på att behålla samma volym då detta är viktigt vid beräkning av brandgasfyllnad. Både rummets höjd och golvarea har anpassats för att efterlikna de verkliga måtten i den mån det gått.

I simuleringen för att kontrollera åtgärdsförslaget med avseende på brandgasventilation har de fyra befintliga brandgasluckorna representerats av en gemensam lucka med bibehållen totalarea.



Figur 55. Geometri för salongen med scenhus och tillhörande brandgaslucka.

I simuleringen för att kontrollera om porten i scenhuset är tillräcklig för att brandgasventilationen ska fungera som avsett används geometrin som visas i Figur 56. I detta fall har de tre dörröppningarna i salongen tagits bort.



Figur 56. Geometri för salongen med scenhus och befintlig port för tilluft.

## D.2 Indataparametrar

I Tabell 29 redovisas de indataparametrar som används för branden i salongen.

Tabell 29. Indataparametrar för brand i salong.

Parameter	Cellulose Insulation, Wood or Paper Pulp
Massa [kg]	207
Förbränningsvärme [kJ/kg]	18000
Tillväxthastighet [kW/s <sup>2</sup> ]	0,19
Maximal effekt [kW]	2736
Placering av brand (x, y, z) [m]	14, 10, 0
Strålningsandel	0,3

## D.3 Tid till aktivering

Fem rökdetektorer och fem värmedetektorer placerades parvis ut på fem olika punkter inom parkettdelen av salongen. Då placering av detektorer är okänd sattes dessa i rummets mitt med fem meters variation i x-led. En kontrollpunkt sattes på motsatt sida av branden med samma avstånd till brandkällan som den närmast belägna detektionsgruppen i ledet. Tid till aktivering enligt CFAST presenteras i Tabell 30.

Tabell 30. Tid till aktivering för detektorer i salongen.

Detektor	Tid till detektion [s]
Värmedetektor [68°C]	390
Rökdetektor [33°C]	70

Värmedetektorn gavs ett RTI-värde på 100 (m/s)<sup>0,5</sup> och rökdetektorn sattes till att aktivera vid en temperaturdifferens från rumstemperatur på 13°C (Nilsson & Holmstedt, 2008).



## Bilaga E – FDS

I denna bilaga presenteras resultat, antaganden och teori för simuleringsprogrammet FDS.

### E.1 Teori

För att avgöra hur stor cellstorlek som bör användas kan ekvation E.1 användas. Det finns ett intervall för  $D^*/dx$  mellan 4 och 16 som är önskvärt att uppfylla, där 4 motsvarar grov cellstorlek, 10 motsvarar medel cellstorlek och 16 motsvarar fin cellstorlek. Detta bör ses som en första uppskattning och ger ingen garanti för att resultaten stämmer (Floyd, et al., 2007).

$$D^*/dx = \left( \left( \frac{Q}{\rho_\infty \cdot c_p \cdot T_\infty \cdot \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} \right) / dx \quad \text{E.1}$$

För att på något sätt kunna kontrollera att resultaten är trovärdiga bör olika parametrar kontrolleras och tester genomföras. BIV har gett ut en rapport med riktlinjer för hur detta kan kontrolleras vilka följer nedan (BIV, 2013).

Vissa saker bör kontrolleras före simuleringen. Detta är till att börja med ekvationen ovan som bör uppfylla de kriterier som finns, kontroll att alla celler är kubformade samt att inga felaktiga ”mesh”-indelningar har utförts. Efter detta bör vissa kontroller kring branden utföras. En av dessa är den dimensionslösa effektutvecklingen som bör ligga mellan 0,3 och 2,5 för naturliga rumsbränder. Den dimensionslösa effektutvecklingen beräknas enligt:

$$Q^* = Q / (\rho_\infty \cdot c_p \cdot T_\infty \cdot \sqrt{g \cdot D} \cdot D^2) \quad \text{E.2}$$

Denna parameter bidrar till konservativa resultat för rökgasspridning då  $Q^*$  är låg.

Dessutom ska placering av branden kontrolleras, egenskaperna för branden dubbelkollas samt att branden är upphöjd från golvet.

Geometrin bör kontrolleras med avseende på dimensioner och ritningsskala, volymförhållandet i rummet samt hur geometriska förenklingar påverkar resultatet. Dessutom bör en kontroll av modellen göras i Smokeview.

Utdata kontrolleras att den är rätt definierad och att de är tillräckliga för målsättningen med simuleringen. Innan simuleringen startas ska också koden kontrolleras så bland annat brand och liknande är rätt definierade och att ingen felaktig kodning är programmerad.

Efter simuleringen bör vissa kontroller utföras. Dessa är att plotta och kontrollera effektkurvan, kontrollera att flamttemperaturen är mellan 700-1200 °C och att strömningen mellan ”meshes” och utvägar inte överstiger hastigheten 10 m/s. Dessutom ska det kontrolleras om branden blir underventilerad och när brandgaslagret når branden. Även massflöden genom öppningar bör kontrolleras.

Simuleringarna genomförs för att mäta tid till kritiska förhållanden. I simuleringarna önskas kritiska parametrar undersökas. Dessutom mäts detektionstider och tid till sprinkleraktivering.

Toxicitet mäts inte i simuleringarna. Anledningen till detta är att ingen fullständig kunskap kring ventilationsförhållanden eller typ av bränsle finns. Dessutom har de toxiska mätningarna visat sig kunna skilja mot verkligheten och därför bör de hanteras med försiktighet (BIV, 2013). En annan anledning till att toxiciteten inte mäts är att den toxiska påverkan på människor sällan sker innan sikten överstigit kriteriet för säker utrymning (Nystedt, 2011).

Brandgaslagrets höjd mäts genom genomskärningar i höjddled. Tiden då brandgaslagret blir kritiskt är när sikten understiger tio meter på den aktuella kritiska höjden för brandgaslagret. Sikten undersöks med hjälp av genomskärningar på två meters höjd. Utifrån denna genomskärning kan tiden när sikten understiger tio meter undersökas genom att visuellt granska sikten i planet.

I simuleringarna för Cirkus har strålningen undersökts genom punktdetektorer riktade mot branden samt vid de andra mätpunkterna. Strålningen från brandgaslagret mot människor har undersökts genom punktdetektorer vid de utgångar som undersöks. Detta utförs främst för att vid eventuell köbildning kunna uppskatta om värmedosen överstigs. Strålningen från brandgaslagret kan anses vara en bra mätmetod även vid litet antal strålar. Vid strålning från flamman är det däremot extra viktigt att tänka på hur antalet strålningsvinklar kan påverka resultatet. Dock ökar simuleringstiden kraftigt med ökat antal strålningsvinklar.

Strålningen från flamman kontrolleras därför med ekvation E.4 och E.5 som beskrivs nedan. Ekvation E.4 är en metod för att beräkna den synfaktor som en punkt utsätts för av en strålande yta. I E.4 är  $A = a/c$  och  $B = b/c$  där  $a$  motsvarar höjden på flamman,  $b$  bredden på flamman och  $c$  avståndet till punkten som ska mätas (Howell, et al., 2010).



$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \begin{array}{l} \frac{A}{(1+A^2)^{1/2}} \tan^{-1} \left[ \frac{B}{(1+A^2)^{1/2}} \right] \\ + \frac{B}{(1+B^2)^{1/2}} \tan^{-1} \left[ \frac{A}{(1+B^2)^{1/2}} \right] \end{array} \right\} \quad \text{E.4}$$

Efter det beräknas strålningen enligt ekvationen nedan (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$\dot{q}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot F_{d1-2} \quad \text{E.5}$$

Temperaturer mäts för branden och på två meters höjd i rummet. De olika metoderna som används för mätningarna är punktdetektorer, temperaturträd, genomskärningar på två meters höjd och volymmätningar med maximala temperaturer. Den maximala temperaturen i volymen är den metod som främst används för att ta fram en temperatur vid de olika utgångarna.

Sprinkleraktivering mäts med värmedetektorer. Rökdetektorer sätts ut på platser där det vid platsbesöket observerades detektorer. Med hjälp av rökdetektorerna kan varseblivningstiderna vid bränderna avgöras. Cottuk & Mealy har genom tester kommit fram till när olika typer av rökdetektorer aktiverar beroende på typ av brand. Vid flambränder utlöste de joniserande detektorerna i 80 % av fallen under den optiska densiteten  $0,072 \text{ m}^{-1}$  samtidigt som de fotoelektriska utlöste under  $0,106 \text{ m}^{-1}$  vid 80 % av fallen. För glödbränder var den optiska densiteten  $0,176 \text{ m}^{-1}$  för joniserande och  $0,110 \text{ m}^{-1}$  för de fotoelektriska (Gottuk & Mealy, u.d.). Eftersom det saknas kunskap kring vilken typ av rökdetektor som används mäts den optiska densiteten för båda sorterna för att kontrollera om det blir någon skillnad i tid till aktivering.

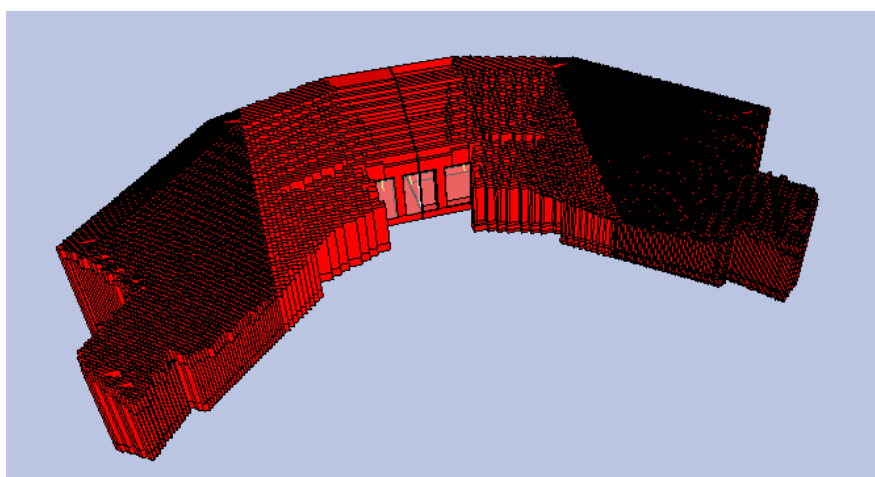
Vid simuleringarna sattes en simuleringstid på tio minuter. Anledningen till detta är att det genom simuleringar i Simulex framgick att ingen utrymning kommer att överstiga denna tid.

## E.2 Garderob

Som tidigare förklarats går det inte att bygga upp runda eller lutande plan i FDS. Därför har vissa förenklingar gjorts gällande uppbyggnaden av garderoben. Samtidigt har designen av garderoben och ryttargången ändå försökts efterlikna den riktiga så långt som möjligt med både sneda tak och rundade väggar. För att försöka efterlikna detta kan "SAWTOOTH"

användas i programmet som ser till att de virvlar som uppkommer vid de trappformade taken inte får så mycket turbulens som hade varit fallet utan denna utjämnande funktion.

Vid uppbyggnaden byggdes först den ena halvan av garderoben med enbart raka geometridelar. Därefter roterades de olika byggnadsdelarna för att de skulle få den vinklingen som angavs i ritningarna. Efter detta speglades garderoben så att en likadan halva förekommer på andra sidan det speglade planet. Då detta är gjort måste de olika byggnadsdelarna delas upp i delar som matchar den storlek på cellerna som ska användas. Av denna anledning består garderobsgeometrin av väldigt många element som tillsammans bygger upp geometrin. I Figur 57 presenteras modellen för simuleringarna i garderoben.



Figur 57. Figuren visar en översiktbild över modellen till simuleringen.

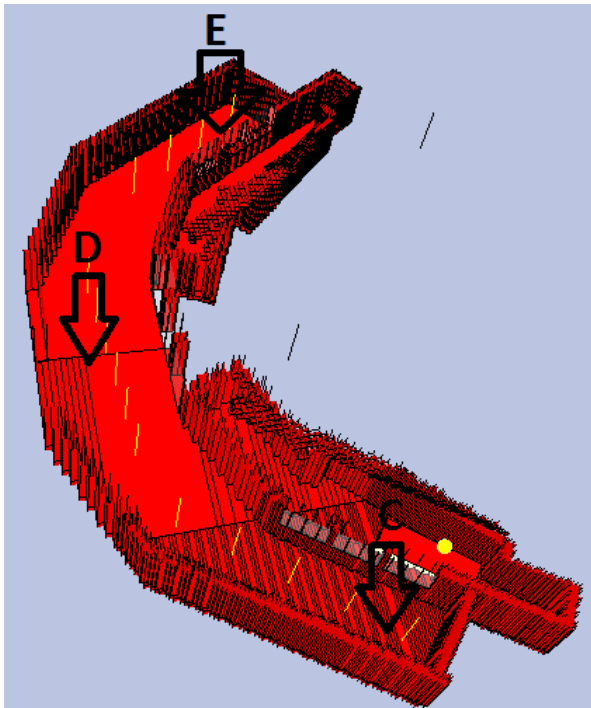
Likt handberäkningarna har en  $\alpha^2$ -kurva använts för att representera tillväxten i brandförloppet. Det  $\alpha$ -värdet som använts är  $0,047 \text{ kW/s}^2$ . Som förbränningsvärme har  $20 \text{ MJ/kg}$  använts i simuleringen (Boverket 2, 2013). Detta överensstämmer inte med den handberäknade effektutvecklingskurvan där  $21 \text{ MJ/kg}$  använts. Dessutom har en förbränningseffektivitet på  $0,716$  använts i simuleringen medan  $0,7$  använts i handberäkningarna. Detta innebär att den effektiva förbränningsvärmens i simuleringen blev  $14,3 \text{ MJ/kg}$  istället för  $14,7 \text{ MJ/kg}$  enligt handberäkningarna. Strålningsandelen från flaman som används är  $0,365$  (Drysedale, 2011). Ovanstående nämnda avvikelser kan bidra till missvisande resultat men då skillnaderna är så små bedöms korrigeringar inte nödvändiga.

”Soot-yield” och ”CO-yield” avgör hur stor mängd sot och kolmonoxid som bildas. Dessa fraktioner är materialberoende. I bränderna har en ”soot-yield” på  $0,09$  respektive ”CO-yield” på  $0,08$  använts enligt SFPE för polyester (SFPE, 2002). Värdet för polyester används då detta

anses representativt för materialen som kan förväntas i garderoben och att andra textilier täcks in i ett intervall nära detta punktvärde.

Tid till kritiska förhållanden bestäms utifrån tre mätpunkter i ryttargången, se Figur 58.

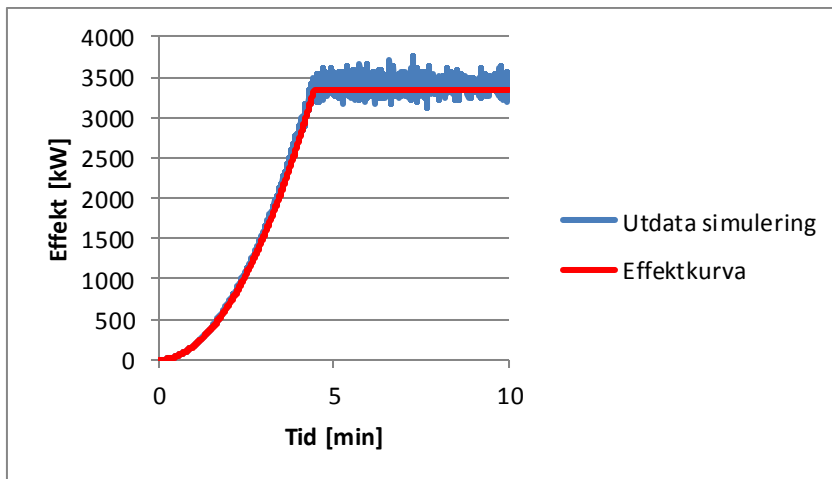
Punkterna ska representera punkter där flertalet människor förväntas befinna sig någon gång under utrymningsförloppet. I punkt C analyseras hur kritiska förhållanden uppnås nära branden. Punkt D och E representerar istället punkter dit människor förväntas söka sig när branden uppmärksammas.



Figur 58. Figuren visar de undersökta mätpunkterna C, D och E placering.

### Simulering utan sprinklersystem

I Figur 59 jämförs simuleringens effektkurva med den handberäknade effektkurvan. Enligt bilden överensstämmer kurvorna väl de första fyra minuterna. Efter detta ses en viss variation i effekt som skulle kunna bero på att branden blir ventilationskontrollerad. Därmed bör resultatet efter denna tid användas med försiktighet.



Figur 59. Visar den handberäknade effektkurvan som importerades till FDS samt den som användes av FDS.

En kontroll av  $D^*/dx$  enligt ekvation E.1 ger för garderobsbranden en kvot på 15. Detta är alltså en lämplig storlek på cellerna som ges då området kring branden består av celler som är 0,1 meter stora. Denna kontroll är gjord utefter den maximala effekten och varierar således i och med tillväxten av branden.

$$\frac{\left(\frac{3244}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}}\right)^{\frac{2}{5}}}{0,1} = \frac{1,54}{0,1} \approx 15$$

Vid simuleringen används en effekt 650 kW/m<sup>2</sup>, vilket ligger mellan värden för trä och polymetylmetakrylat (BIV, 2013), samt en maximal effekt på cirka 3250 kW.

### Kritiska nivåer

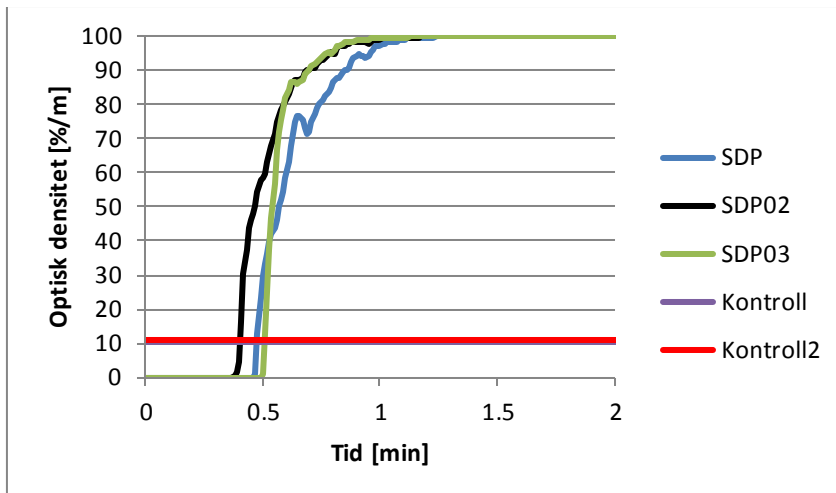
För att avgöra om och när kritiska förhållanden uppnås har de metoder som nämnts ovan använts.

\*Värmedosen för punkten C kommer att uppnås. Det första viktiga att ta hänsyn till är när 1 kW/m<sup>2</sup> uppnås och det sker efter ungefär 2 minuter. Efter detta ökar strålningsintensiteten ungefär linjärt upp till 2,5 kW/m<sup>2</sup>. Detta skulle innebära att de utrymmande har ungefär 35 sekunder på sig innan värmedosen uppnår 60 kJ/m<sup>2</sup>. Då brandgaslagrets höjd samt sikten blir kritiskt efter 2 minuter görs dock ingen vidare analys. Dessutom tar utrymningen 2,5 minuter vilket gör att detta inte bör påverka utrymningen.

\*\* Gällande värmedosen för punkterna D och E dröjer det 4-5 minuter innan strålningsintensiteten 1 kW/m<sup>2</sup> uppnås. Detta gör att ingen vidare analys görs då kritiska förhållanden redan uppnåtts för brandgaslagrets höjd och sikten.

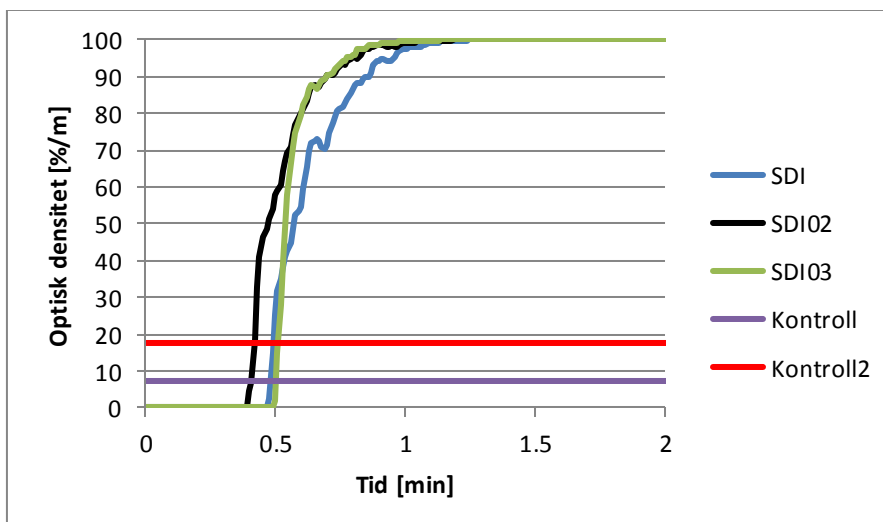
## Tid till detektion

Nedan följer två diagram som visar när den kritiska optiska densiteten uppnås. I Figur 60 visas när de fotoelektriska detektorerna förväntas utlösa. Som kan ses i figuren sker det vid ungefär 0,5 minuter.



Figur 60. I figuren visas den optiska densiteten hos de fotoelektriska detektorerna, vilka benämns SDP. *Kontroll* motsvarar när de utlöses vid flambland och *Kontroll2* då de utlöser för glödbland. När SDP, SDP02 och SDP03 korsar båda kontrollinjerna utlöses larmsystemet.

I Figur 61 visas när de joniserande detektorerna förväntas lösa ut. Som går att se i figuren sker detta vid cirka 0,5 minuter.



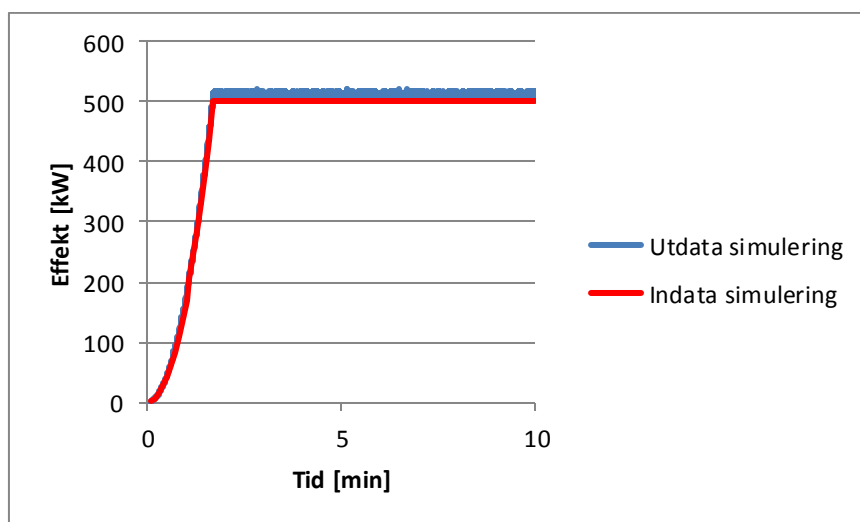
Figur 61. I figuren visas tid till aktivering för de joniserande rökdetektorerna, vilka benämns SDI. *Kontroll* motsvarar när de bör utlösas vid en flambland och *Kontroll 2* vid en glödbland. När SDI, SDI02 och SDI03 korsar båda kontrollinjerna utlöses larmsystemet.

Slutsatsen är att oavsett typ av rökdetektor förväntas de lösa ut efter ungefär 0,5 minuter.

## Simulering med sprinklersystem

Vid simuleringen med sprinklersystem undersöktes det när sprinklermunstyckena aktiverades. Detta skedde genom att värmedetektorer placerades ut där sprinklermunstycken sitter i verkligheten. Värmedetektorerna med en aktiveringstemperatur på 74 °C används då det är ett typiskt värde för smältbleckssprinkler (Svenska Brandförsvärsföreningen 1, 2001). RTI-värdet för sprinklerhuvudena antas till 100 (m/s)<sup>0,5</sup> då bristfällig information finns att tillgå.

En ny simulering genomfördes för en brand i garderoben när sprinklersystemet aktiveras. Vid simulering användes en effekt 100 kW/m<sup>2</sup> med en maximal effekt på 500 kW. Detta kommer från att effekten antas bli konstant efter detektion. Jämförelsen mellan den framtagna effektkurvan och simuleringens effektkurva följer i Figur 62.



Figur 62. Visar den handberäknade effektkurvan samt den som använts i simuleringen.

En ny kontroll av  $D^*/dx$  enligt ekvation E.1 ger för garderobsbranden en kvot på 7. Detta är alltså en godkänd storlek på cellerna som ges då området kring branden består av celler som är 0,1 meter stora. Denna kontroll är gjord utefter den maximala effekten och varierar således i och med tillväxten av branden.

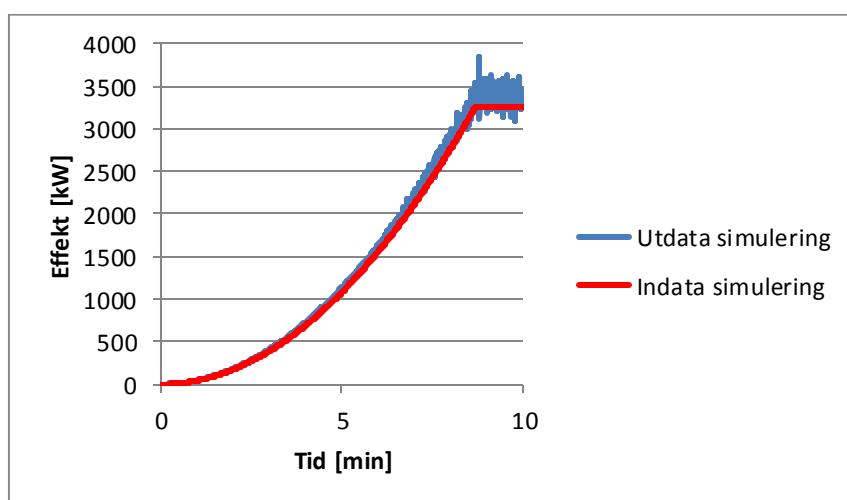
$$\frac{\left(\frac{500}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}}\right)^{\frac{2}{5}}}{0,1} = \frac{0,73}{0,1} \approx 7$$

### Tid till detektion

Då tiden till rökdetektion understiger tiden till sprinkleraktivering blir tiden till detektion densamma som för fallet utan sprinkler, alltså cirka 0,5 minuter.

## Känslighetsanalys

Garderobsbranden utan sprinklersystem simuleras med tillväxthastigheten  $0,012 \text{ kW/s}^2$ . Den effektkurva som erhålls efter en känslighetsanalys av parametrar för tid till kritiska förhållanden visas i Figur 63. I figuren framgår det att effekten börjar variera i slutet av simuleringen, vilket kan bero på att simuleringen blir ventilationskontrollerad. Då detta händer sent borde det inte påverka resultatet nämnvärt men att denna period ändå bör användas med försiktighet.



Figur 63. Visar den handberäknade effektkurvan samt den som använts i simuleringen.

Det som undersöks är tiden tills att de kritiska parametrarna överskrids. De punkter som kontrolleras är C-E enligt Figur 58. Dessa redovisas i Tabell 31.

Tabell 31. Tiden då de olika kritiska parametrarna överstigs vid simuleringen med  $\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$  samt utan sprinklersystem.

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid C [min]	Tid D [min]	Tid E [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	2	2,5	2,5
2. Sikt	10 m	2	2,5	2,5
3. Strålning	$2,5 \text{ kW/m}^2$	9	-	-
4. Värmedos	$60 \text{ kJ/m}^2$ utöver $1 \text{ kW/m}^2$	*	**	-
5. Temperatur	$80^\circ\text{C}$	5	6	6,5

- Uppnås inte under simuleringen.

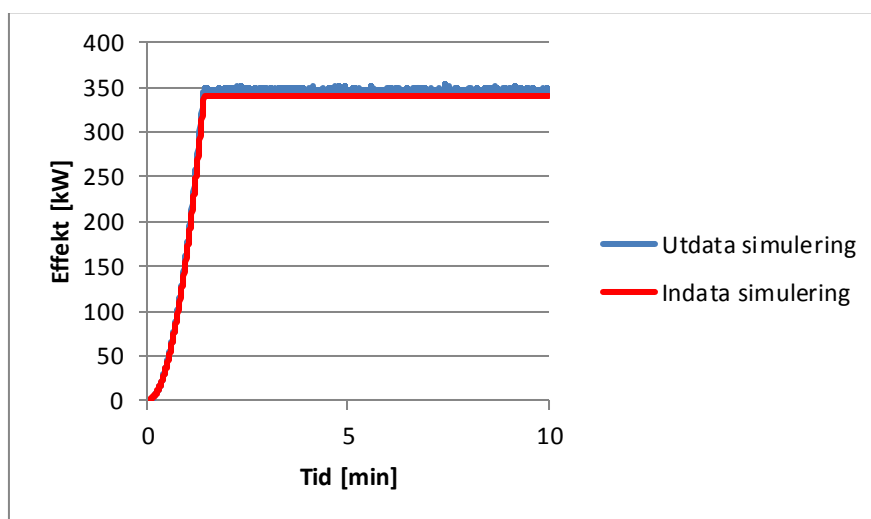
\* I punkt C, mitt emot branden, uppgår strålningen till  $1 \text{ kW/m}^2$  efter drygt 4 minuter. Då ingen köbildning uppnås vid utrymningen spelar inte värmedosen någon roll i denna punkt.

\*\* I punkt D överstigs strålningsintensiteten efter nästan 8 minuter. Då alla förväntas vara ute då görs ingen vidare analys.

## Åtgärder

Branden i garderoben har simulerats om med ett RTI-värde på  $50 \text{ (m/s)}^{0.5}$ . Anledningen till detta är att minska tiden till aktivering av sprinklersystemet.

De enda parametererna som tidigare blev kritisk var sikt och brandgaslagrets höjd vilket kan ses i Tabell 11. Därför kommer dessa att kontrolleras för den nya mindre branden. Skillnaden mot simuleringen med RTI på  $100 \text{ (m/s)}^{0.5}$  är att tiden till aktivering är cirka 80 sekunder istället för 100 sekunder. Effektutvecklingskurvan visas i Figur 64.

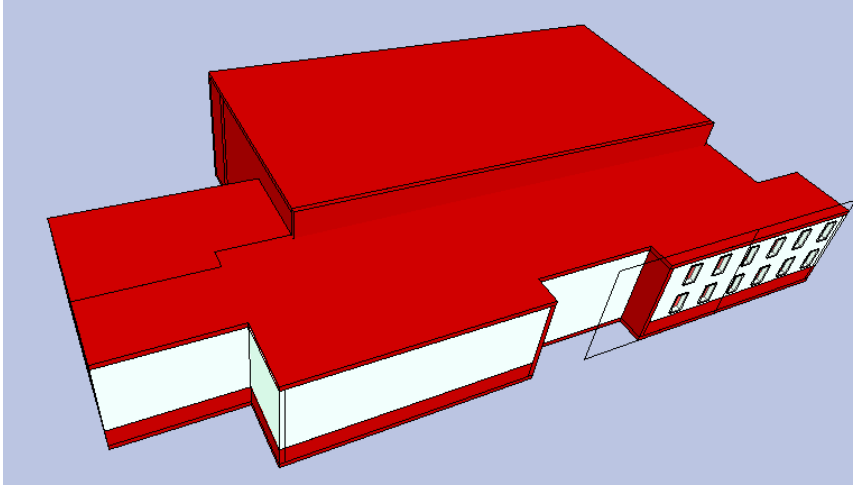


Figur 64. Visar den handberäknade effektkurvan samt den som använts i simuleringen.

## E.3 Matsalen

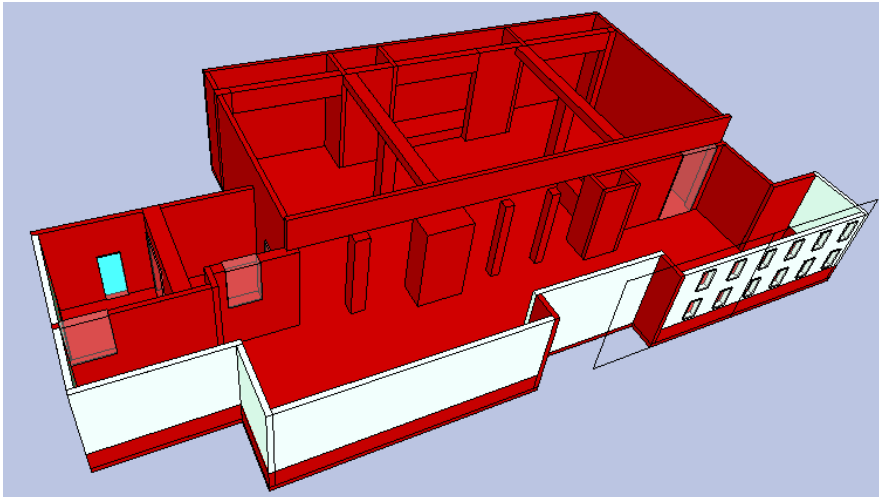
Även för matsalen användes PyroSim för att bygga upp geometrin, vilken visas i Figur 65. Det har gjorts vissa förenklingar i matsalen såsom att bord och stolar inte finns med. Dock har pelare och nedsänkningar av tak definierats då dessa bedöms kunna påverka rökspridningen och brandförloppet. Matsalens väggar som vetter utåt består till större del av fönster. Ett fönster antas gå sönder vid  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  (Babrauskas, 2010). Fönstren programmerades som värmedetektorer med en aktiveringstemperatur på  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  som öppnas då denna temperatur har uppnåtts och ett RTI-värde ansattes till 50.





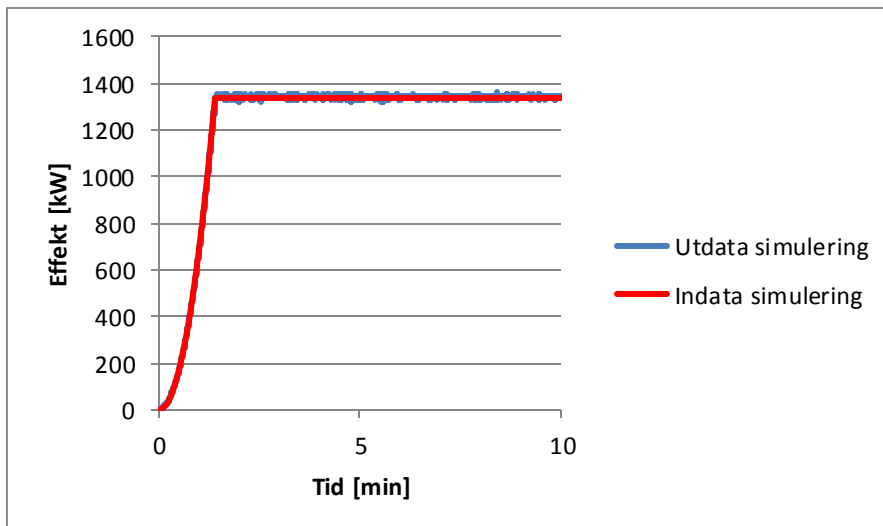
**Figur 65.** I figuren visas en översiktlig uppbyggnad av modellen för simuleringen i matsalen.

I Figur 66 visas matsalens invändiga geometri med de pelare och byggnadsdelar som behålls vid simuleringen.



**Figur 66.** Matsalens invändiga uppbyggnad.

Jämförelse mellan den simulerade och handberäknade effektutvecklingskurvan visas i Figur 67. Dessa stämmer väl överens under hela förloppet vilket är önskvärt.



Figur 67. Visar den handberäknade effektkurvan samt den som använts i simuleringen

En kontroll av  $D^*/dx$  enligt ekvation E.1 ger för garderobsbranden en kvot på 11 vid den maximala effekten. Kvoten 11 är en godtagbar cellstorlek enligt FDS-guiden och motsvarar medelfina celler. Denna kontroll är gjord utifrån den maximala effekten och varierar således i och med tillväxten av branden.

$$\frac{\left(\frac{1300}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}}\right)^{\frac{2}{5}}}{0,1} = \frac{1,07}{0,1} \approx 11$$

Effektkurvan som använts i simuleringen är den approximerade som tagits fram för matsalen. Det  $\alpha$ -värde som använts är  $0,19 \text{ kW/s}^2$  och den maximala effekten är drygt  $1300 \text{ kW}$ . Effekten har valts till ungefär  $445 \text{ kW/m}^2$  vilket anses rimligt då det ligger mellan värden för trä och polymetylmetakrylat (BIV, 2013). Förbränningsvärme på  $18 \text{ MJ/kg}$  använts då det motsvarar ideal förbränningsvärme (SFPE, 2002). En annan parameter som spelar in är strålningsandelen som sätts till  $0,365$  (Drysdale, 2011).

I matsalen har en "soot-yield" som baseras på trä använts då stolarnas tyg antas bidra minimalt till sotbildningen. "Soot-yield" för trä är cirka  $0,015 \text{ g}_{\text{sot}}/\text{g}_{\text{bränsle}}$ . Den "CO-yield" som används i scenariot är  $0,005 \text{ g}_{\text{CO}}/\text{g}_{\text{bränsle}}$  vilket gäller för trä (SFPE, 2002).

### Kritiska nivåer

\*\* Enligt FDS uppgår strålningen till  $2,5 \text{ kW/m}^2$  efter ungefär 1 minut. Detta gör att personer som utrymmer efter denna tid kommer att utsättas för kritisk strålning. Detta kontrolleras nu med handberäkningar enligt ekvationer E.4 och E.5 och redovisas i Tabell 32. Kontroll 1 är beräknad utifrån att branden har nått sin maximala storlek, kontroll 2 är då branden har halva

sin storlek och sen har kontroll 2 testats med en högre temperatur i kontroll 3. Synfaktorn räknas från mitten av branden och avståndet är det avståndet som människorna har till sitt förfogande. Detta då de utrymmande borde söka sig så långt bort ifrån branden som möjligt vid passage.

**Tabell 32.** Tabellen visar beräkningar av strålningsintensitet. Längst till vänster presenteras vilka parametrar som behövs för beräkningarna. Sedan utförs tre olika kontroller för att få uppfattning om hur kritiskt det är att passera branden.

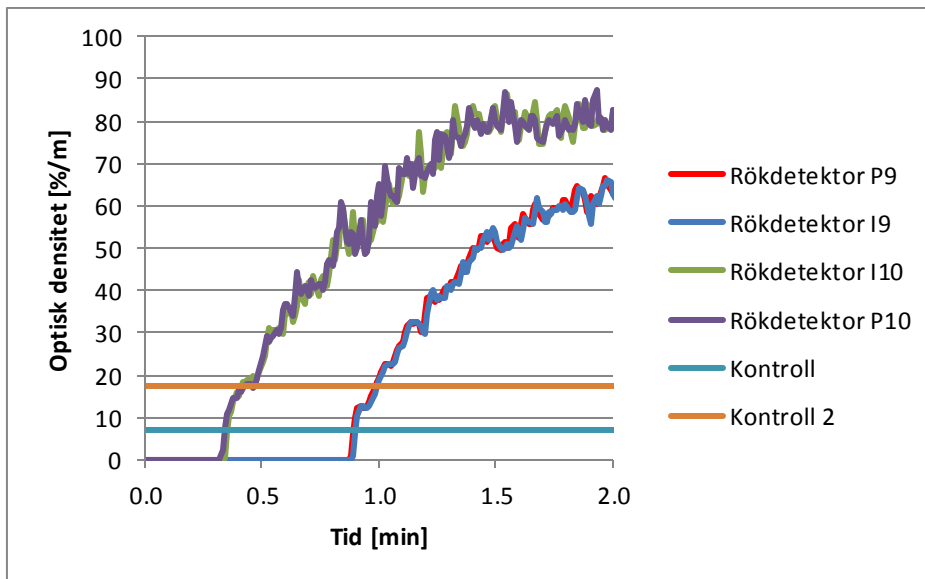
Parameter	Kontroll 1	Kontroll 2	Kontroll 3
<b>A</b>	2 m	1 m	1 m
<b>B</b>	1,5 m	0,75 m	0,75 m
<b>C</b>	4 m	4 m	4 m
<b>F</b>	$2 \cdot 0,047 = 0,095$	$2 \cdot 0,014 = 0,028$	$2 \cdot 0,014 = 0,028$
<b><math>\epsilon</math></b>	0,9	0,9	0,9
<b>T</b>	1073 K	1073 K	1273 K
<b><math>\dot{q}''</math></b>	6,4 kW/m <sup>2</sup>	1,9 kW/m <sup>2</sup>	3,8 kW/m <sup>2</sup>

Det går att se i Tabell 32 att strålningsintensiteten varierar i de olika kontrollerna. Vid den maximala effekten uppgår strålningsintensiteten till cirka 6,4 kW/m<sup>2</sup>. Kontroll 2 visar den kritiska strålningen då flammen är hälften så stor, dock med samma temperatur på flammen. Kontroll 3 är då flammans temperatur är 1000<sup>0</sup>C.

Värmedosen är en parameter som är tidsberoende och det är därför svårt att avgöra huruvida de skadas eller inte. Skulle de till exempel utsättas för en strålningsintensitet på 6,4 kW/m<sup>2</sup> skulle personen ifråga ha nästan 10 sekunder på sig att passera utan att utsättas för över 60 kJ/m<sup>2</sup>. Det är enligt BBRAD godkänt att utsättas för 10 kW/m<sup>2</sup> förutsatt att inte 60 kJ/m<sup>2</sup> överstigs. Då de utrymmande enbart ska passera bedöms därmed strålningen inte bidra till att någon erhåller kritiska förhållanden. I och med detta anses inte värmedosen uppnås för de utrymmande förbi punkten A i Figur 38.

### Tid till detektion

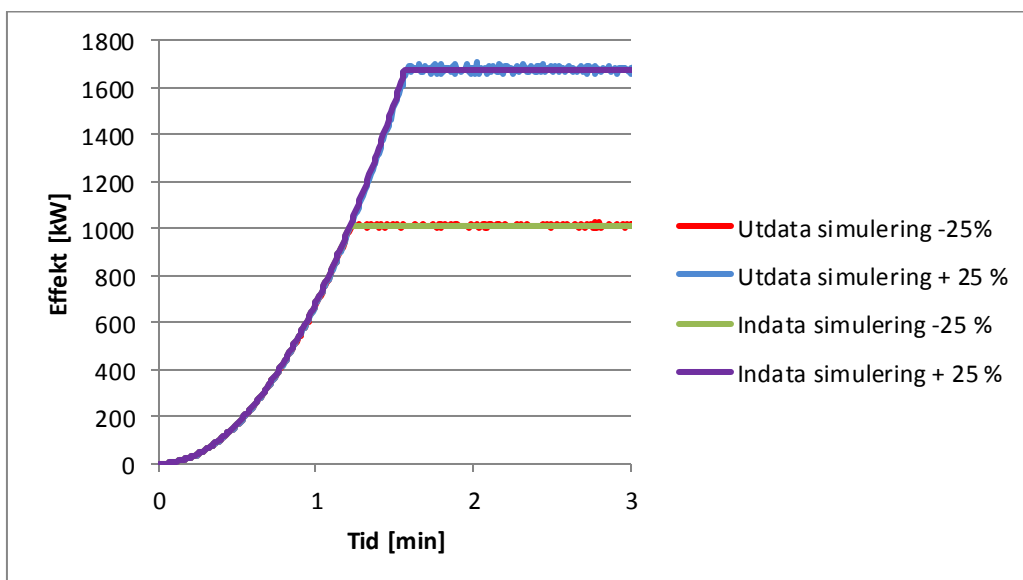
Tid till detektion i matsalen redovisas i Figur 68. Kontrollinjerna motsvarar den minsta samt högsta optiska densitetsförändring för aktivering (Gottuk & Mealy, u.d.). De två detektorerna längst till vänster motsvarar de som är närmast branden. De aktiveras vid cirka 30 sekunder oavsett typ av detektor och brand.



Figur 68. Kurvor för både joniserande (I) och fotoelektriska (P) detektorers förändrande optiska densitet över tid samt kontrollinjer. Kontroll 1 motsvarar flambrand för optiska och kontroll 2 glödbland joniserande.

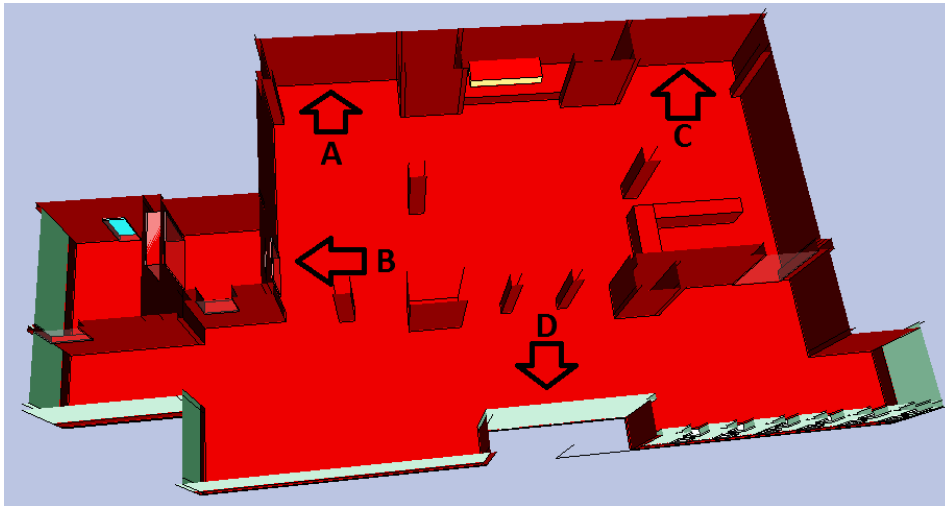
### Känslighetsanalys

Vid känslighetsanalysen undersöks vad som händer med tiden till de kritiska förhållandena om effekten ökas eller minskas med 25 %. De två effektkurvorna redovisas i Figur 69. Då det enbart är intressant att undersöka när kritiska förhållanden uppnås simuleras dessa två scenarier i drygt 3 minuter.



Figur 69. I figuren visas de två effektkurvorna som används vid känslighetsanalysen.

De mätpunkter som undersöks är de utrymningsvägar som nu finns tillgängliga samt de två vägarna till ryttargången, A och C. En utav åtgärderna kan vara att de får utrymma genom dessa. Dessa mätpunkter är markerade med A, B, C och D enligt Figur 70.



Figur 70. Visar brandens placering i simuleringen samt mätpunkterna som används.

Tiden tills kritiska förhållanden uppnås redovisas för branden då effekten minskas med 25 % i Tabell 33.

Tabell 33. Tiden tills kritiska förhållanden uppnås i simuleringen med 25 % mindre brandeffekt.

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid A [min]	Tid B [min]	Tid C [min]	Tid D [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	2,5	3	3	3
2. Sikt	10 m	3	3	3	-
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-	*
5. Temperatur	80°C	-	-	-	-

- Uppnås inte under simuleringen.

\* I punkten uppnås 1 kW/m<sup>2</sup> efter cirka 3 minuter. Därmed görs ingen vidare analys.

Kritiska förhållanden för branden där effekten har ökat med 25 % redovisas i Tabell 34.

Tabell 34. Tiden tills kritiska förhållanden uppnås i simuleringen med 25 % högre effekt.

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid A [min]	Tid B [min]	Tid C [min]	Tid D [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	2,5	2,5	3	3
2. Sikt	10 m	2,5	2,5	3	3
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-	*
5. Temperatur	80°C	3,5	3	3	-

- Uppnås inte under simuleringen.

\* I punkt D uppnås 1 kW/m<sup>2</sup> efter cirka 2,5 minuter. Därmed görs ingen vidare analys.

## Åtgärder

Då tid till kritiska förhållanden är kortare än utrymningstiden kommer åtgärder att undersökas och sedan verifieras med nya simuleringar. Det första som görs är att flytta branden som uppkommit vid huvudentrén till den lilla scenen i matsalen enligt Figur 70. Anledningen till detta är att kontrollera om stapling av möbler kan ske på annan plats i matsalen.

Tiderna till kritiska förhållanden visas i Tabell 35.

Tabell 35. Tider tills kritiska förhållanden vid simuleringen av branden på den lilla scenen.

Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid A [min]	Tid B [min]	Tid C [min]	Tid D [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	3	3	3	2,5
2. Sikt	10 m	3	2,5	3	2,5
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	*	-	**	-
5. Temperatur	80°C	4	4,5	4	5,5

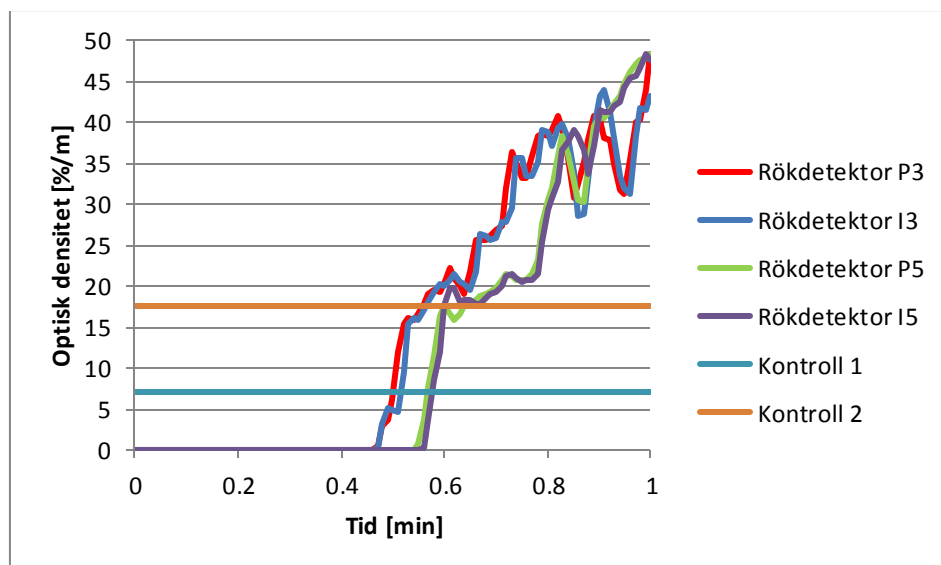
- Uppnås inte under simuleringen.

\* I punkt A överstigs värmestrålningen 1 kW/m<sup>2</sup> efter 5,5 minuter. Därmed görs ingen noggrannare undersökning angående värmedos.

\*\* I punkt C överstigs 1 kW/m<sup>2</sup> efter 5 minuter. Därmed görs ingen noggrannare undersökning angående värmedos.

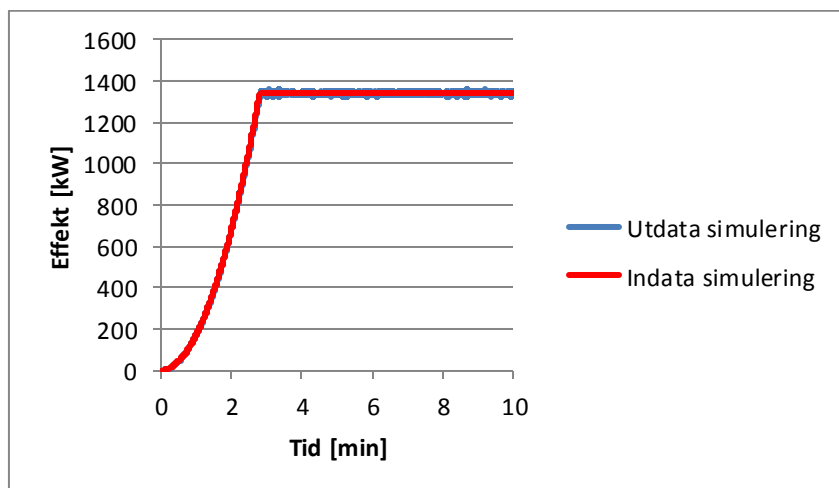
Detektionstiden för matsalsbranden då branden är flyttad till den lilla scenen visas i Figur 71.

Denna tid är fortfarande 0,5 minuter.



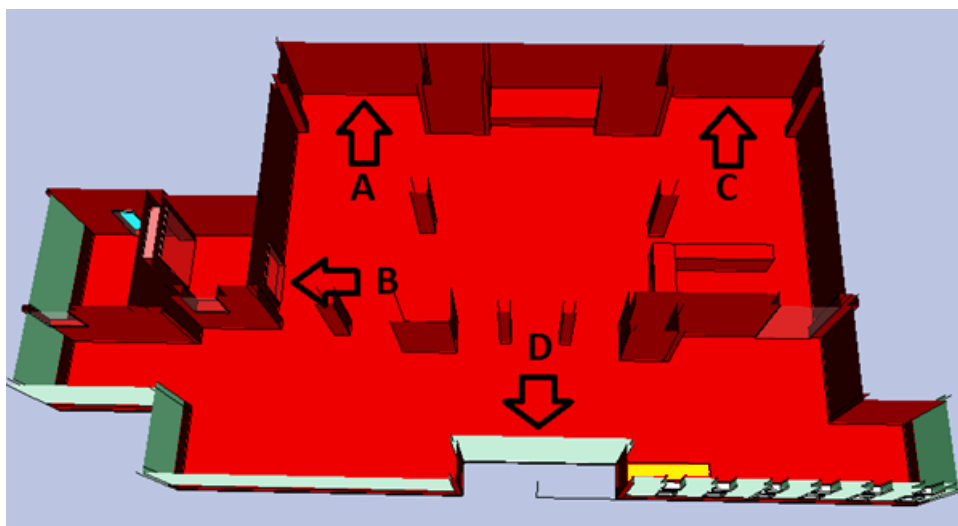
Figur 71. Kurvor för både joniserande (I) och fotoelektriska (P) detektorers förändrande optiska densitet över tid samt kontrollinjer. Kontroll 1 motsvarar flambrand för optiska och kontroll 2 glödbland joniserande.

En annan simulering utförs dessutom för att konstatera huruvida en brand på samma ställe som den första skulle vara acceptabelt om den har en lägre tillväxthastighet. Detta motsvarar att möblerna inte står staplade utan att endast placerade bredvid varandra. För att representera detta kommer tillväxthastigheten att minskas. Samma parametrar som vid den inledande matsalsbranden används förutom att tillväxthastigheten korrigeras till "fast",  $0,047 \text{ kW/s}^2$ , istället för "ultrafast",  $0,19 \text{ kW/s}^2$ . Den effektkurva som används visas i Figur 72.



Figur 72. Kurvor över indata till simulering samt utdata från simulering.

Brandens placering samt punkter för mätning av kritiska förhållanden redovisas i Figur 73.



Figur 73. Brandens placering markeras med gult medan de mätpunkter som undersöks markeras med bokstäver för simuleringen med "fast" tillväxthastighet.

Tider tills de kritiska parametrarna uppnås presenteras i Tabell 36.

Tabell 36. Tider för tid tills kritiska förhållanden vid simuleringen med långsammare tillväxthastighet.

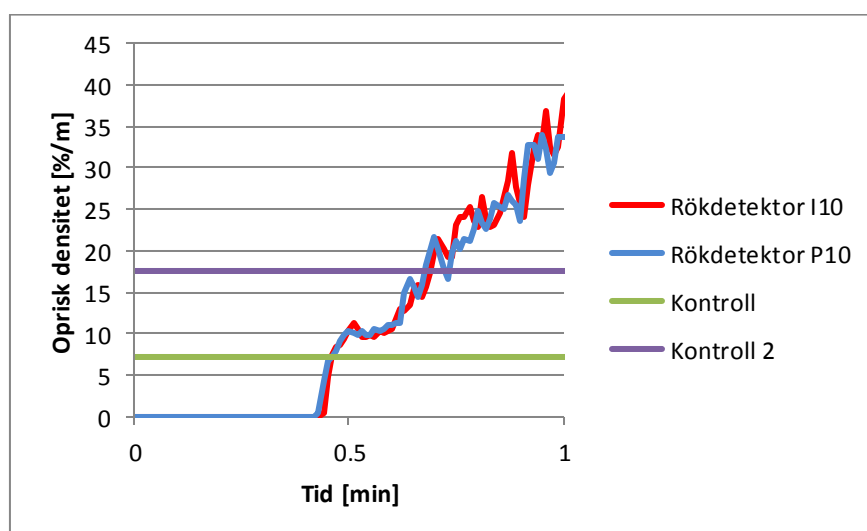
Kritiskt förhållande	Kriterium	Tid A [min]	Tid B [min]	Tid C [min]	Tid D [min]
1. Brandgaslagrets höjd	2 m	3,5	3,5	4	4
2. Sikt	10 m	3,5	3,5	4	4
3. Strålning	2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-	-	-
4. Värmedos	60 kJ/m <sup>2</sup> utöver 1 kW/m <sup>2</sup>	-	-	*	**
5. Temperatur	80°C	5	4,5	5	4,5

- Uppnås inte under simulering.

\*Punkt C uppkommer till 1 kW/m<sup>2</sup> efter 8,5 minuter. Därför görs ingen vidare analys.

\*\*Punkt D uppkommer till 1 kW/m<sup>2</sup> efter 6,5 minuter. Därför görs ingen vidare analys.

Detektion för branden med lägre tillväxthastighet presenteras i Figur 74. Här framgår det att tiden för detektion kan variera mellan 0,4 till 0,8 minuter. Eftersom de utrymmande dessutom förväntas se branden används 0,5 minuter.



Figur 74. Kurvor för både joniserande (I) och fotoelektriska (P) detektorers förändrande optiska densitet över tid samt kontrollinjer. Kontroll 1 motsvarar flambrand för optiska och kontroll 2 glödbrand joniserande.

## E.4 Kontroller

En viktig kontroll vid FDS-simuleringar är att kontrollera om bränderna är ventilationskontrollerande eller inte. En enkel metod för detta är att jämföra den effektkurvan som matas in i programmet med den som faktiskt uppnås i programmet. Skulle stora variationer uppkomma vid denna kontroll innebär detta att det förekommer någon form av ventilationskontrollerad brand. Detta är anledningen till att dessa presenteras för de olika simuleringarna.



Testet som görs avseende cellstorlek är  $D^*/dx$ , där en uppskattning av vilken storlek på celler som ska användas. Den kontrollen är enbart gjord vid maximal effekt men det kan vara intressant att veta vid vilken effekt och därmed tid som simuleringarna uppkommer till den minimala kvot som FDS-guiden rekommenderar.

Ekvationen beräknas för  $D^*/dx = 4$ :

$$\frac{\left(\frac{110}{1,2 \cdot 1 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81}}\right)^{\frac{2}{5}}}{0,1} = \frac{0,4}{0,1} \approx 4$$

Detta gör att kvoten hamnar över 4 då effekten nått 110 kW. Med ett  $\alpha$ -värde på 0,047 kW/s<sup>2</sup> tar detta 48 sekunder, alltså ungefär 1 minut, vilket gäller för både bränderna i garderoben. Däremot går det snabbare att nå denna effekt i matsalen då  $\alpha$ -värdet på 0,19 kW/s<sup>2</sup>. Tiden blir då 24 sekunder, alltså ungefär 0,5 minuter.

Enligt teoridelen bör  $\dot{Q}^*$  kontrolleras vilket görs för följande simuleringar.

För matsalsbranden blir ekvationen enligt ekvation E.2:

$$\dot{Q}^* = \frac{1300000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81} \cdot 1,95 \cdot 1,95^2} = 0,22$$

För garderoben utan sprinklersystem blir ekvationen enligt ekvation E.2:

$$\dot{Q}^* = \frac{3250000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81} \cdot 2,52 \cdot 2,52^2} = 0,29$$

För garderoben med sprinklersystem blir ekvationen enligt ekvation E.2:

$$\dot{Q}^* = \frac{500000}{1,2 \cdot 1000 \cdot 293 \cdot \sqrt{9,81} \cdot 2,52 \cdot 2,52^2} = 0,045$$

Det som går att utläsa är att samtliga värden ligger lågt vid denna beräkning. Detta bidrar enligt ovan att rökfyllnaden är konservativt. Anledningen till att värdena är låga beror på att effekten per area har hämtats från litteratur och då stämmer överens med den som ungefär kan erhållas vid en brand. Att det erhöles ett lågt värde vid simuleringen i garderoben är inte bra. Detta erhöles då det vid anpassningen till sprinklersystem användes samma yta som utan sprinklersystem.

## E.5 Osäkerheter

I rapporten görs ingen nodkonvergensanalys för simuleringarna för att undersöka hur mycket storleken på cellerna spelar in på resultaten. Anledningen till detta är att det inte finns tillräckligt med tid då simuleringarna redan tar mycket tid. Vid simuleringar i FDS innebär en halvering av storlekarna på cellerna en ökad simuleringstid med en faktor 16. Då simuleringarna redan tar mellan 12 och 30 timmar skulle en kontroll av nodkonvergens innebära en simuleringstid på minst 8 dagar.

Då brandens tillväxtfas modelleras i FDS antas det att hela ytan brinner samtidigt. Detta innebär att hela ytan brinner redan vid låga effekter, vilket inte sker i verkligheten. Flamhöjden kommer därmed till att börja med vara låg och likna en glödbrand.

Temperatur på branden är också en parameter som kan kontrolleras då den bör ligga mellan 700-1200<sup>0</sup>C. Detta kan användas för att bedöma om till exempel lämplig effekt per area har använts. Detta temperaturkriterium uppfylls för de olika simuleringarna i matsalen samt garderoben utan sprinkler. Då sprinklersystem simuleras blir temperaturerna lägre, vilket beror på att sprinklerna begränsar effektutvecklingen.

Vid uppdelning i olika ”meshes”, är det viktigt att tänka på hur detta påverkar simuleringen. Till exempel bör gränser inte ligga mitt i branden, mitt i dörröppningar eller liknande då problem vid sådana flöden kan uppkomma. Vid simulering av den ursprungliga matsalsbranden är en ”meshgräns” placerad ganska nära branden. Detta kan medföra att påverkan av brandplymen sker.

## Bilaga F – Simulex

Vid utrymningssimuleringarna användas olika kategorier av personer. De tre kategorierna som används är "Adult Males", "Elderly" och "Adult Females". "Adult Males" är de som går snabbast och är störst. "Elderly" är de som går långsammast och är minst. De data som används för gånghastighet och storlek är förinställda av Simulex.

Enligt BBRAD § 3.2.4 bör flödet för utrymmande personer maximalt vara 1,1 personer/(s m) om personer förväntas veta var utrymningsdörrarna finns och 0,75 personer/(s m) om de inte gör det. Detta kontrolleras i simuleringarna genom att stoppa tiden vid olika tillfällen och sedan beräkna antalet personer som passerat utgången under det givna tidssteget (Boverket 3, 2013). I de framtagna brandscenarierna jämförs personflödena med det rekommenderade värdet på 0,75 personer/(s m) eftersom de utrymmande personerna inte förväntas känna till placeringen av utrymningsdörrarna.

### F.1 Salongen

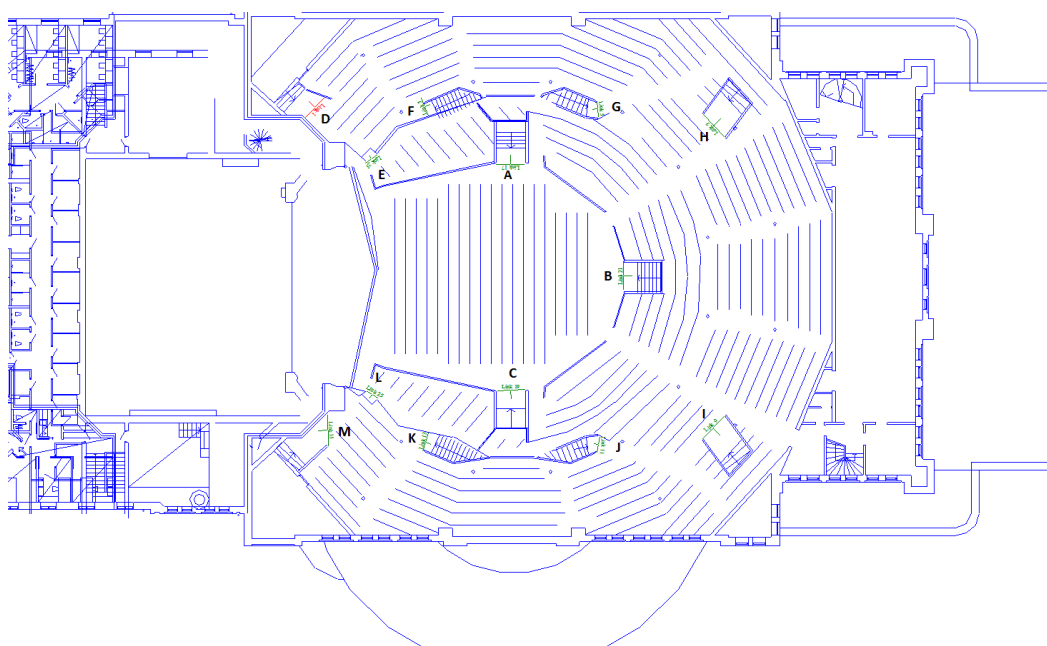
Utrymningen för brandscenariot i salongen undersöks med olika simuleringar. I detta brandscenario blockeras vissa dörrar på grund av brandens placering. Dörrar som blockeras är de som finns på salonggolvet, utgång A, B och C i Figur 75. Detta medför att gästerna vid kongress har tio utrymningsvägar till förfogande. Sammanställning av de olika utrymningsscenarierna finns i Tabell 37.

Först utfördes den simulering som anses motsvara verkligheten, vilket benämns försök 1. För att se hur mycket antalet människor i lokalen påverkar utrymningstiden har försök 1.1 och 1.2 simulerats. Där har andelen människor både ökats respektive minskats med 25 %. En ytterligare parameter som undersöktes var just hur mycket tiden skulle påverkas om fördelningen med de olika utrymningsegenskaperna varierades. Därmed utfördes försöken 2 till 4 där det går att se att utrymningstiden varierar beroende av personegenskaperna.

Tabell 37: Sammanställning för simuleringarna i salongen.

Försök	Antal	"Adult Males" [%]	"Adult Females" [%]	"Elderly" [%]	Antal utgångar [st]	Tid [s]
1	700	35	35	30	10	245
1.1	875	35	35	30	10	305
1.2	525	35	35	30	10	190
2	700	60	40	-	10	200
3	700	100	-	-	10	190
4	700	-	-	100	10	260

I Figur 75 visas de olika utgångarna samt hur de är placerade.



Figur 75. Visar hur utgångarna är placerade och benämnda i salongen.

Ur Tabell 37 kan utläsas att tiden för de utrymmande vid den bestämda fördelningen blev 245 sekunder, alltså cirka 4 minuter. De övriga simuleringarna diskuteras vidare i känslighetsanalysen.

I Tabell 38 finns en sammanställning av personflödet för de olika utrymningsvägarna i simuleringen. Personerna kommer i simuleringen att använda utgångarna F, G, H, I, J samt K. Personantalet i salongen under denna kontroll var 700 personer och tiden för när flödet kontrollerades var mellan 30 och 60 sekunder.

Tabell 38. Kontroll av personflödet för utrymning av salongsscenarioet.

Utrymningsväg	Antal som gått ut [st]	Tid [s]	Bredd [m]	Flöde [p/s·m]	Ok?
<b>F, G</b>	23	30	1,6	0,5	Ja
<b>H</b>	41	30	2	0,7	Ja
<b>I</b>	36	30	1,6	0,75	Ja
<b>J, K</b>	24	30	1,6	0,5	Ja

Detta säger att personflödet i utrymningsdörrarna för simuleringen är godtagbart enligt BBRAD.

## F.2 Garderoben

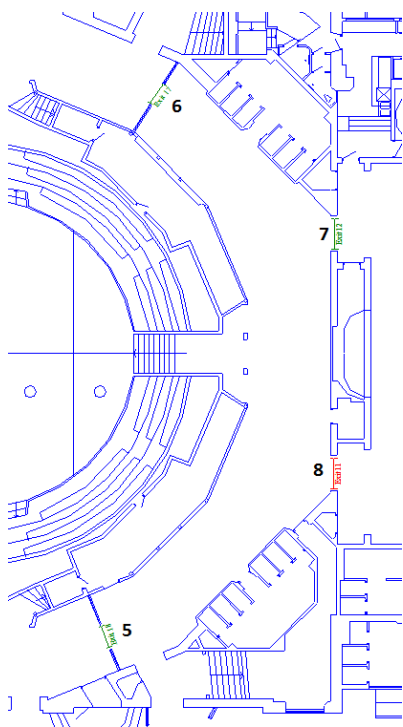
Vid scenariot i garderoben utförs två olika utrymningssimuleringar. Den ena i ryttargången med tillhörande toaletter och den andra i salongen. Anledningen till detta är att personerna i salongen kan tänkas påverkas av branden då dörrarna mellan salongen och ryttargången är öppna. Vid simuleringarna i garderobsscenarioet har flera försök simulerats. Resultaten visas i Tabell 39.

Den fördelning som uppskattas gälla vid scenariot simuleras först och benämns försök 1 i Tabell 39. För att sedan undersöka hur antalet personer påverkar resultatet undersöks en sänkning och höjning av antalet med 25 % enligt samma tabell. Det förekommer fler än dessa två utrymningsvägar som används vid de tre första simuleringarna. För att avgöra hur det skulle påverka utrymningstiden har försök 2 samt försök 2.1 utförts. Resterande försök, alltså försök 3 och 4, utförs för att se hur andelen av personer med de olika egenskaperna skulle påverka resultatet. Detta görs med både 2 och 4 dörrar tillgängliga.

Tabell 39: Sammanställning simuleringar i garderoben. De kolumner som markeras med 5, 6, 7 och 8 motsvarar dörrnumreringarna som framgår i Figur 76. X betecknar en tillgänglig dörr.

Försök	Antal	"Adult Males" [%]	"Adult Female" [%]	"Elderly" [%]	5	6	7	8	Utgångar [st]	Tid [s]
1	50	35	35	30			X	X	2	30
1.2	38	35	35	30			X	X	2	25
1.3	63	35	35	30			X	X	2	30
2	50	25	35	40			X	X	2	30
2.1	50	25	35	40	X	X	X	X	4	30
3	50	100	-	-	X	X	X	X	4	20
3.1	50	-	-	100	X	X	X	X	4	40
3.2	111	30	34	36	X	X	X	X	4	35
4	111	30	34	36			X	X	2	40
4.1	111	-	-	100			X	X	2	50

De olika utgångarnas markeringar återfinns i Figur 76.



Figur 76. Visar hur de olika utgångarna är benämnda och placerade i ryttargången.

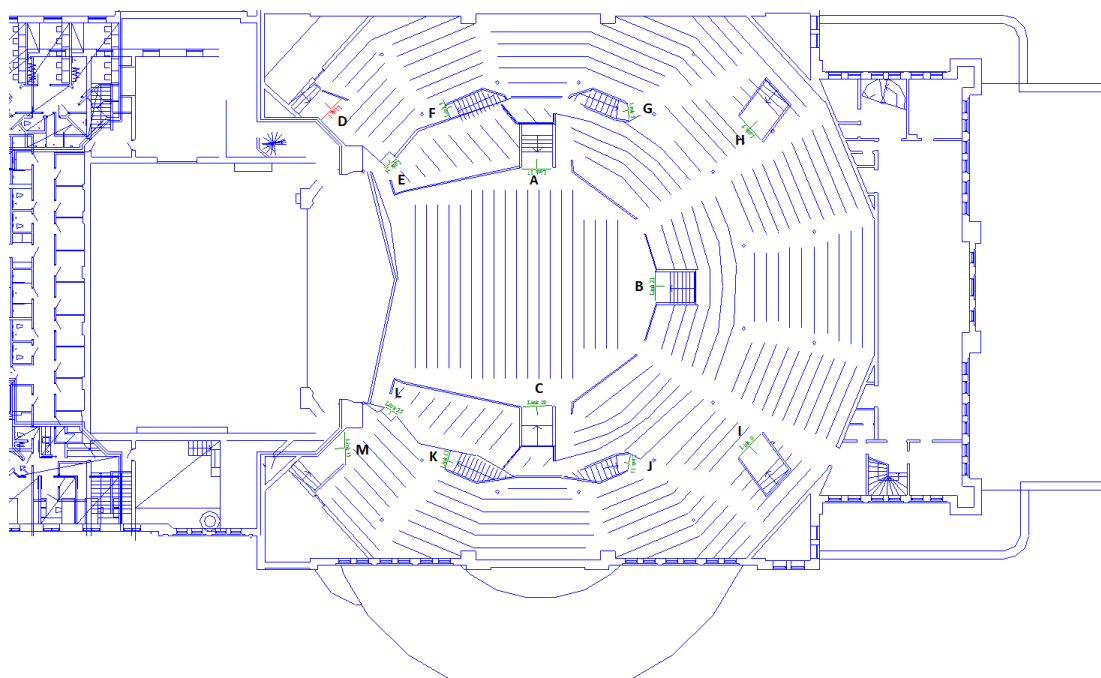
Den tid som används vid utrymningsberäkningarna är från försök 1 i Tabell 39. Detta då andelen med de olika egenskaperna samt antalet utgångar stämmer med de förväntade förutsättningarna. Därmed är förflyttningstiden 0,5 minut. De resterande försöken presenteras här för att vara ett underlag till känslighetsanalysen.

För utrymningen av salongen vid garderobsbranden finns de olika försöken presenterade i Tabell 40. I tabellen finns det presenterat andelen olika typer av personer, tiden tills att de har förflyttat sig ut samt antalet utgångar. I simuleringarna har alla dörrar varit tillgängliga förutom dörr B. Detta eftersom branden befinner sig i garderoben, vilken dörr B leder till.

Tabell 40. Sammanställning simuleringar i salongen vid garderobsbranden.

Försök	Antal	"Adult Males" [%]	"Adult Females" [%]	"Elderly" [%]	Antal utgångar [st]	Tid [s]
1	1650	35	35	30	12	360
2	1650	60	40		12	285
3	1650	100			12	280
4	1650			100	12	465

I Figur 77 visas de olika utgångarnas placering.



Figur 77: Visar hur utgångarna är placerade och benämnda i salongen.

Vid simuleringarna för att tömma hela salongen vid garderobsbranden framkom relativt stora tidsskillnader baserat på hur fördelningen av personer såg ut enligt Tabell 40. Den tid som används är 360 sekunder eller 6 minuter, detta då den fördelningen som används vid försök 1 anses representativ.

När personflödet kontrollerades för brandscenariot i garderoben valdes tidsperioden att vara hela utrymningsförloppet ur ryttargången. Antalet personer uppgick till 50 stycken. En sammanställning av personflödet visas i Tabell 41.

Tabell 41. Kontroll av personflödet för utrymning av garderobsscenarioet.

Utrymningsväg	Antalet som gått ut [st]	Tid [s]	Bredd [m]	Flöde [p/sm]	Ok?
7	25	30	1,6	0,5	Ja
8	25	30	1,6	0,5	Ja

Detta säger att personflödet i utrymningsdörrarna för simuleringarna är godtagbart enligt BBRAD.

### F.3 Matsalen

Vid simuleringen i matsalen finns information om det maximala antalet människor som får befinna sig där. Detta antal är 270 personer och är därför det antal som används vid simuleringarna. I Tabell 42 visas de olika utrymningsförsöken. Olika fördelningar av människor simuleras för att undersöka huruvida detta gör skillnad vid utrymning. Dessa presenteras som försök 1 till 4. Då branden blockerar vissa av utgångarna kommer enbart utgång 1 vara tillgänglig för utrymning, vilket kan ses i samma tabell tillsammans med tiden för förflyttningen. De utgångarna som har använts i de olika simuleringarna är markerade med X.

En parameter som undersöks för att avgöra känsligheten för simuleringarna är att variera antalet människor. Det görs genom att minska respektive öka antalet personer med 25 %. Antalet personer i dessa simuleringar blir då 200 respektive 340 stycken. Dessa namnges försök 1.1 och 1.2 i Tabell 42.

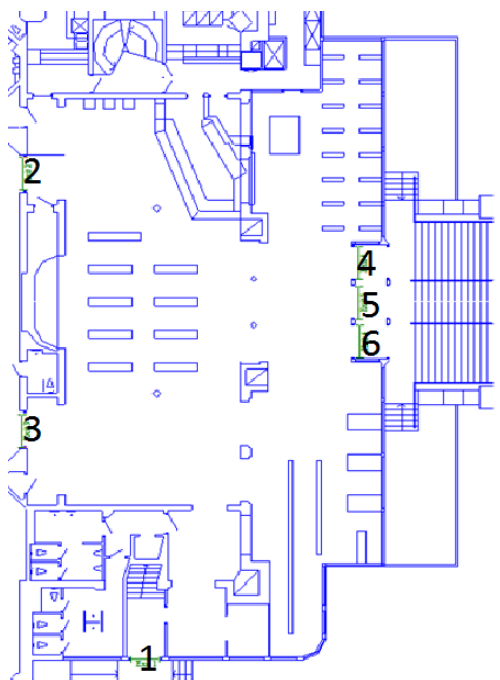
Eftersom den simulerade tiden för förflyttning är för lång genomförs ytterligare simuleringar fler tillgängliga dörrar. I försök 5.1 undersöks först hur lång förflyttningstiden skulle vara om samtliga dörrar till matsalen skulle vara tillgängliga för utrymning. Det som kan påpekas är att utrymningsväg 2 samt 3 inte är formella utrymningsvägar från matsalen i dagsläget. Därför har försök 6.1 simulerats för att se hur lång tid de utrymmande behöver om alla utrymningsvägar förutom 2 och 3 används. I försök 7.1 används utrymningsväg 1, 2 och 3. Detta eftersom branden i det framtagna scenariot blockerar utrymningsväg 4, 5 och 6.



Tabell 42. Sammanställning över förflyttningssimuleringar i matsalen. De kolumner som markeras med 1, 2, 3, 4, 5 och 6 motsvarar dörrnumreringarna som framgår i Figur 78. X betecknar en tillgänglig dörr.

Försök	Antal	"Adult Males" [%]	"Adult Females" [%]	"Elderly" [%]	1	2	3	4	5	6	Antal utgångar [st]	Tid [s]
1	270	35	35	30	X						1	320
2	270	20	20	60	X						1	375
3	270	60	20	20	X						1	275
4	270	20	60	20	X						1	305
1.1	200	35	35	30	X						1	240
1.2	340	35	35	30	X						1	405
5.1	270	35	35	30	X	X	X	X	X	X	6	55
6.1	270	35	35	30	X			X	X	X	4	75
7.1	270	35	35	30	X	X	X				3	65

I Figur 78 visas hur de olika utgångarna är benämnda.



Figur 78. Visar markeringen av utgångarna vid simuleringarna

Vid simuleringarna erhålls tiden cirka 5,5 minuter för den förutbestämda fördelningen enligt Figur 78. De andra simuleringarna kommenteras i känslighetsanalysen.

Vid kontroll av personflödet vid utrymning av matsalen har ett intervall på 60 sekunder använts, vilket är förflyttningstiden för matsalen med samtliga utrymningsvägar. Antalet personer som befinner sig i matsalen uppgår till 270 personer. Kontrollen av personflödet sammanställs i Tabell 43.

Tabell 43. Kontroll av personflödet för utrymning av matsalsscenarioet.

Utrymningsväg	Antalet som gått ut [st]	Tid [s]	Bredd [m]	Flöde [p/s·m]	Ok?
1-6	270	60	9,6	0,5	Ja

Detta säger att personflödet i utrymningsdörrarna för simuleringen är godtagbart enligt BBRAD.

## Bilaga G – Indata FDS

Nedan följer utvalda delar av indata för FDS simuleringarna.

### G.1 Garderoben

Nedan följer FDS-indatafilen för garderobsbranden. Då geometrin är komplicerad skapad genom spegling, rotering och uppdelning leder det till att geometrin beskrivs av ett stort antal beståndsdelar. Därav bifogas inte geometrin för simuleringen i rapporten.

```
&HEAD CHID='Script_garderoben', TITLE='Garderob'/
&TIME T_END=600.0/
&DUMP RENDER_FILE='Script_garderoben.ge1', DT_RESTART=300.0/
&RADI RADIATIVE_FRACTION=0.365/
&MESH ID='MESH1', IJK=128,80,60, XB=7.2,20.0,-5.8,2.2,-0.4,5.6/
&MESH ID='MESH3', IJK=55,54,30, XB=-3.8,7.2,-5.8,5.0,-0.4,5.6/
&MESH ID='MESH4', IJK=61,75,30, XB=-5.0,7.2,5.0,20.0,-0.4,5.6/

&REAC ID='CLOTHES',
  C=6.0,
  H=10.0,
  O=5.0,
  N=0.0,
  HEAT_OF_COMBUSTION=1.432E4,
  CO_YIELD=0.08,
  SOOT_YIELD=0.09,
  VISIBILITY_FACTOR=8.0/

&PROP ID='50',
  QUANTITY='LINK TEMPERATURE',
  INITIAL_TEMPERATURE=20.0,
  ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0,
  RTI=50.0/
&PROP ID='100',
  QUANTITY='LINK TEMPERATURE',
  INITIAL_TEMPERATURE=20.0,
  ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0/
&PROP ID='Cleary Photoelectric P1',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ALPHA_E=1.8,
  BETA_E=-1.0,
  ALPHA_C=1.0,
```

BETA\_C=-0.8/  
&PROP ID='Cleary Ionization II',  
QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',  
ALPHA\_E=2.5,  
BETA\_E=-0.7,  
ALPHA\_C=0.8,  
BETA\_C=-0.9/  
&PROP ID='Heskestad Ionization', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8/  
&DEVC ID='TemperaturBRAND', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,-0.2,1.5/  
&DEVC ID='TemperaturBRAND02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,-0.2,2.5/  
&DEVC ID='LAYER07->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=-0.6,-0.6,15.0,15.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER07->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=-0.6,-0.6,15.0,15.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0702->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=-1.0,-1.0,13.0,13.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0702->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=-1.0,-1.0,13.0,13.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0703->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=-1.4,-1.4,11.0,11.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0703->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=-1.4,-1.4,11.0,11.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0704->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=-1.8,-1.8,9.0,9.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0704->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=-1.8,-1.8,9.0,9.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=15.0,15.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=15.0,15.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=13.0,13.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=13.0,13.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=11.0,11.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=11.0,11.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=9.0,9.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=9.0,9.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER05->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=7.0,7.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER05->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=7.0,7.0,-3.0,-3.0,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER06->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=4.6,4.6,-1.4,-1.4,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER06->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=4.6,4.6,-1.4,-1.4,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0602->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.6,3.6,-0.4,-0.4,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0602->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=3.6,3.6,-0.4,-0.4,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0603->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=2.6,2.6,0.6,0.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0603->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=2.6,2.6,0.6,0.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0604->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=1.6,1.6,1.6,1.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0604->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=1.6,1.6,1.6,1.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0605->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=0.6,0.6,2.6,2.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0605->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=0.6,0.6,2.6,2.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0606->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=-0.4,-0.4,3.6,3.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='LAYER0606->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=-0.4,-0.4,3.6,3.6,0.0,3.8/  
&DEVC ID='Temperature', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=14.0,-3.0,2.0/

&DEVC ID='Temperature03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=10.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=8.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperaturDÖRR', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=4.6,-1.4,2.0/  
&DEVC ID='TemperaturDÖRR02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.6,-0.4,2.0/  
&DEVC ID='TemperaturDÖRR03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=2.6,0.6,2.0/  
&DEVC ID='TemperaturDÖRR04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.6,1.6,2.0/  
&DEVC ID='TemperaturDÖRR05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=0.6,2.6,2.0/  
&DEVC ID='TemperaturDÖRR06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-0.4,3.6,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-1.8,9.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-1.6,10.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-1.4,11.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-1.2,12.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-1.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-0.8,14.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-0.6,15.0,2.0/  
&DEVC ID='TemperatureBORTA08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=-0.4,16.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM04', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-1.0,-1.0,16.4,6.4,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM03', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=15.5,10.5,-3.0,-3.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=1.5,0.0,-1.0,4.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM02', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=2.2,7.0,-2.0,-2.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0202', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=2.2,7.0,-2.0,-3.73648,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0302', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=15.5,10.576,-3.0,-3.86824,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0303', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=15.5,10.576,-3.0,-2.13176,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0402', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-1.0,-1.0,16.4,11.4,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM040202', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-1.0,-1.86824,16.4,11.476,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0403', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-1.0,-2.73648,16.4,6.55192,2.0,2.0/  
&DEVC ID='HD50', PROP\_ID='50', XYZ=11.0,-1.1,3.0/  
&DEVC ID='HD100', PROP\_ID='100', XYZ=11.0,-1.1,3.0/  
&DEVC ID='HD150', PROP\_ID='100', XYZ=11.0,-1.1,3.0/  
&DEVC ID='HD15002', PROP\_ID='100', XYZ=13.0,-1.0,3.0/  
&DEVC ID='HD10002', PROP\_ID='100', XYZ=13.0,-1.0,3.0/  
&DEVC ID='HD5002', PROP\_ID='50', XYZ=13.0,-1.0,3.0/  
&DEVC ID='HD15003', PROP\_ID='100', XYZ=15.0,-0.9,3.0/  
&DEVC ID='HD10003', PROP\_ID='100', XYZ=15.0,-0.9,3.0/  
&DEVC ID='HD5003', PROP\_ID='50', XYZ=15.0,-0.9,3.0/  
&DEVC ID='SDP', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=11.0,-1.1,3.0/  
&DEVC ID='SDI', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=11.0,-1.1,3.0/  
&DEVC ID='SDH', PROP\_ID='Heskestad Ionization', XYZ=11.0,-1.1,3.0/

```

&DEVC ID='SDP02', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=13.0,-1.0,3.0/
&DEVC ID='SDI02', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=13.0,-1.0,3.0/
&DEVC ID='SDH02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=13.0,-1.0,3.0/
&DEVC ID='SDP03', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=15.0,-0.9,3.0/
&DEVC ID='SDI03', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=15.0,-0.9,3.0/
&DEVC ID='SDH03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=15.0,-0.9,3.0/

&MATL ID='WOOD',
    SPECIFIC_HEAT=2.0,
    CONDUCTIVITY=0.13,
    DENSITY=800.0/

&SURF ID='TRÅ',
    RGB=153,0,0,
    MATL_ID(1,1)='WOOD',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.6/

&SURF ID='BURNER',
    COLOR='RED',
    HRRPUA=650.0,
    TAU_Q=-263.0/

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-3.8,7.2,-5.8,5.0,5.6,5.6/ Mesh Vent: MESH1 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=7.2,7.2,5.0,20.0,-0.4,5.6/ Mesh Vent: MESH3 [XMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,7.2,5.0,20.0,5.6,5.6/ Mesh Vent: MESH3 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=7.2,7.2,2.4,5.0,-0.4,5.6/ Vent

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBZ=-0.2/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=15.0/
&SLCF QUANTITY='U-VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=12.5/
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBX=-0.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=-2.0/

&DEVC ID='VisibilityDÖRR1_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=3.0,5.0,-2.0,0.0,0.0,2.2/
&DEVC ID='VisibilityDÖRR3_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=0.6,2.6,0.0,2.0,0.0,2.2/
&DEVC ID='TemperatureDÖRR1_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=3.0,5.0,-2.0,0.0,0.0,2.2/
&DEVC ID='TemperatureDÖRR2_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=-1.0,1.0,3.0,5.0,0.0,2.2/
&DEVC ID='TemperatureDÖRR3_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=0.6,2.6,0.0,2.0,0.0,2.2/
&DEVC ID='TemperatureBRAND1,5_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=14.0,16.0,-0.5,0.1,1.0,1.5/
&DEVC ID='TemperatureBRAND_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=14.0,16.0,-0.5,0.1,1.5,2.5/
&DEVC ID='TemperatureGÅNGEN_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=14.0,15.0,-2.5,-3.5,0.0,2.0/
&DEVC ID='TemperatureGÅNGEN02_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=12.0,13.0,-3.5,-2.5,0.0,2.0/
&DEVC ID='TemperatureGÅNGEN03_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=10.0,11.0,-3.5,-2.5,0.0,2.0/

```

```

&DEVC ID='TemperatureGÅNGEN04_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=8.0,9.0,-3.5,-2.5,0.0,2.0/
&DEVC ID='TemperatureGÅNGEN05_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=6.0,7.0,-3.5,-2.5,0.0,2.0/
&DEVC ID='TemperatureBORTA_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=-1.5,0.5,14.0,16.0,0.0,2.0/
&DEVC ID='TemperatureBORTA02_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=-2.1,-0.1,11.0,13.0,0.0,2.0/
&DEVC ID='TemperatureBORTA03_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=-2.7,-0.7,8.0,10.0,0.0,2.0/
&TAIL /

```

## G.2 Matsalen

Nedan följer FDS-indatafilen för simulering av matsalsbranden. Endast en av simuleringarna bifogas, då de andra är snarlika.

```

&HEAD CHID='Script_matsalen', TITLE='Matsalen2'/
&TIME T_END=600.0/
&DUMP RENDER_FILE='Script_matsalen.ge1'/
&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES=500, RADIATIVE_FRACTION=0.365/

&MESH ID='MESH1', IJK=52,72,48, XB=11.0,16.2,10.0,17.2,-0.2,4.6/
&MESH ID='MESH2', IJK=52,60,48, XB=11.0,16.2,17.2,23.2,-0.2,4.6/
&MESH ID='MESH3', IJK=52,90,48, XB=11.0,16.2,1.0,10.0,-0.2,4.6/
&MESH ID='MESH4', IJK=48,128,54, XB=6.2,11.0,8.4,21.2,-0.2,5.2/
&MESH ID='MESH5', IJK=52,90,48, XB=11.0,16.2,-8.0,1.0,-0.2,4.6/
&MESH ID='mesh6', FYI='nedre del', RGB=153,153,255, IJK=24,80,27, XB=6.2,11.0,-7.6,8.4,-0.2,5.2/
&MESH ID='MESH7', IJK=32,45,27, XB=-0.2,6.2,-0.6,8.4,-0.2,5.2/
&MESH ID='MESH8', IJK=32,60,27, XB=-0.2,6.2,8.4,20.4,-0.2,5.2/

&REAC ID='WOOD',
  FYI='Wood burning',
  C=6.0,
  H=10.0,
  O=5.0,
  N=0.0,
  IDEAL=.TRUE.,
  HEAT_OF_COMBUSTION=1.8E4,
  CO_YIELD=0.005,
  SOOT_YIELD=0.015,
  VISIBILITY_FACTOR=8.0/

&PROP ID='Taket',
  QUANTITY='LINK TEMPERATURE',
  INITIAL_TEMPERATURE=20.0,
  ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0/
&PROP ID='Cleary Photoelectric P1',

```

QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',  
 ALPHA\_E=1.8,  
 BETA\_E=-1.0,  
 ALPHA\_C=1.0,  
 BETA\_C=-0.8/  
 &PROP ID='Cleary Ionization II',  
 QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',  
 ALPHA\_E=2.5,  
 BETA\_E=-0.7,  
 ALPHA\_C=0.8,  
 BETA\_C=-0.9/  
 &PROP ID='Fönsterutlösning',  
 QUANTITY='LINK TEMPERATURE',  
 INITIAL\_TEMPERATURE=20.0,  
 ACTIVATION\_TEMPERATURE=400.0,  
 RTI=50.0/  
 &DEVC ID='LAYER->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=14.0,14.0,8.0,8.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=14.0,14.0,8.0,8.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=1.0,1.0,17.0,17.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=1.0,1.0,17.0,17.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=14.0,14.0,9.5,9.5,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=14.0,14.0,9.5,9.5,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=14.0,14.0,11.0,11.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=14.0,14.0,11.0,11.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER05->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=14.0,14.0,12.5,12.5,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER05->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=14.0,14.0,12.5,12.5,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER0202->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=1.0,1.0,3.0,3.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER0202->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=1.0,1.0,3.0,3.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER3->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=13.0,13.0,15.0,15.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER3->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=13.0,13.0,15.0,15.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER4->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=5.0,5.0,10.0,10.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER4->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=5.0,5.0,10.0,10.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER6->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=8.0,8.0,-6.0,-6.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER6->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=8.0,8.0,-6.0,-6.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER2->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=12.0,12.0,5.0,5.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER2->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=12.0,12.0,5.0,5.0,0.0,3.8/  
 &DEVC ID='LAYER1->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=8.0,8.0,2.0,2.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='LAYER1->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=8.0,8.0,2.0,2.0,0.0,5.0/  
 &DEVC ID='Värmedetektor', PROP\_ID='Taket', XYZ=5.0,8.0,4.9/  
 &DEVC ID='Rökdetektor P', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=2.5,2.5,4.9/  
 &DEVC ID='Rökdetektor I', PROP\_ID='Cleary Ionization II', XYZ=2.5,2.5,4.9/  
 &DEVC ID='Rökdetektor P2', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=9.0,2.5,4.9/



&DEVC ID='Rökdetektor I2', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=9.0,2.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P3', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=2.5,7.0,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor I3', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=2.5,7.0,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P4', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=9.0,7.0,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor I4', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=9.0,7.0,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P5', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=2.5,13.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor I5', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=2.5,13.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P6', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=9.0,13.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor I6', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=9.0,13.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P7', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=2.5,17.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor I7', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=2.5,17.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P8', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=9.0,17.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor I8', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=9.0,17.5,4.9/  
&DEVC ID='Rökdetektor P9', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=13.5,1.5,3.7/  
&DEVC ID='Rökdetektor I9', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=13.5,1.5,3.7/  
&DEVC ID='Rökdetektor I10', PROP\_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=12.5,16.5,3.7/  
&DEVC ID='Rökdetektor P10', PROP\_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=12.5,16.5,3.7/  
&DEVC ID='Termocouple', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple02', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple03', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple04', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple05', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple06', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,2.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple07', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,0.5,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple08', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,0.5,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple09', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0202', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0302', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0402', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0502', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0702', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0802', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple10', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0203', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0303', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0403', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0503', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0703', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0803', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0204', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0304', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0404', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,7.0,2.0/

&DEVC ID='Termocouple0504', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0704', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0205', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0305', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0405', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0505', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0605', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0705', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0206', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0306', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0406', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0506', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0606', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0706', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0207', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0307', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0407', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0507', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0707', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple 15', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0208', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0308', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0408', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0508', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0608', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0708', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0808', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple 16', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0209', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0309', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0409', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0509', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0609', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0709', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0809', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple 17', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0210', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=3.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0310', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=5.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0410', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=7.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0510', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=9.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0610', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0710', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=13.0,19.0,2.0/

&DEVC ID='Termocouple0810', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple0811', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=15.0,21.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=8.0,-7.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left02', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,-7.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left03', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=8.0,-5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left0202', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,-5.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left04', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=8.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left0203', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left05', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=8.0,-1.0,2.0/  
&DEVC ID='Termocouple Left0204', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=11.5,-1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperatur Utgang S', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=14.0,8.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,2.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,0.5,2.0/  
&DEVC ID='Temperature08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,0.5,2.0/  
&DEVC ID='Temperature09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0202', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0302', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0402', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0502', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0702', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0802', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0203', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0303', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0403', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0503', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0703', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0803', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0204', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0304', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0404', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0504', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0704', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,7.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0205', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0305', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0405', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0505', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,9.0,2.0/

&DEVC ID='Temperature0605', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0705', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,9.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0206', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0306', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0406', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0506', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0606', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0706', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0207', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0307', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0407', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0507', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0707', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,13.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature15', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0208', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0308', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0408', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0508', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0608', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0708', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0808', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,15.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature16', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0209', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0309', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0409', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0509', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0609', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0709', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0809', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,17.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature17', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0210', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=3.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0310', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=5.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0410', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0510', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=9.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0610', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0710', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=13.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0810', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,19.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature0811', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.0,21.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperatur Utgang S02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=14.0,9.5,2.0/  
&DEVC ID='Temperatur Utgang S03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=14.0,11.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperatur Utgang S04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=14.0,12.5,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=8.0,-7.0,2.0/

&DEVC ID='Temperature left02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,-7.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=8.0,-5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left0202', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,-5.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=8.0,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left0203', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,-3.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=8.0,-1.0,2.0/  
&DEVC ID='Temperature left0204', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=11.5,-1.0,2.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRSS', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,8.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=8.0,-5.4,2.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=12.0,15.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=12.5,15.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.0,15.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand04', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,15.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand05', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=12.0,14.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand0202', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=12.5,14.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand0302', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.0,14.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning Brand0402', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,14.0,2.0, ORIENTATION=0.8,-0.2,0.0/  
&DEVC ID='Värmestrålning02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=8.0,2.6,2.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRU', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=1.0,3.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRU02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.0,3.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRU0202', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=2.0,17.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRU03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=1.0,17.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRSS02', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,9.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRSS03', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,10.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRSS04', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,11.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRSS05', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,12.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='Strålning DORRSS06', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=13.5,13.0,2.0, ORIENTATION=0.0,0.0,1.0/  
&DEVC ID='TEMPKOLL3m', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.5,14.0,3.0/  
&DEVC ID='TEMPKOLL2m', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.5,14.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0403', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=14.5,11.2,10.0,7.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0404', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=14.5,11.2,10.0,2.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0405', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=14.5,11.6,10.0,14.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0406', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=14.5,12.0,10.0,17.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM03', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,3.0,3.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.4,8.4,0.2,8.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM02', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.4,10.655,0.54641,8.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0202', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.6,6.5,0.14641,8.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0302', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,3.0,5.58819,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0303', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,3.0,8.0,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0305', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,3.0,0.41181,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM030202', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,17.0,19.5882,2.0,2.0/  
&DEVC ID='BEAM0306', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,17.0,17.0,2.0,2.0/

&DEVC ID='BEAM030502', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,5.6,17.0,9.0,2.0,2.0/  
 &DEVC ID='BEAM03050202', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.4,6.0,17.0,13.0,2.0,2.0/  
 &DEVC ID='BEAM04', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=8.4,8.4,10.2,20.0,2.0,2.0/  
 &DEVC ID='BEAM0402', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=9.25088,7.54912,10.2744,19.9256,2.0,2.0/  
 &DEVC ID='BEAM0407', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=10.0759,6.7241,10.4955,19.7045,2.0,2.0/  
 &DEVC ID='Fenster1', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,14.3,1.5/  
 &DEVC ID='Fenster102', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,14.3,3.1/  
 &DEVC ID='Fenster103', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,15.9,1.5/  
 &DEVC ID='Fenster10202', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,15.9,3.1/  
 &DEVC ID='Fenster104', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,17.5,1.5/  
 &DEVC ID='Fenster10203', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,17.5,3.1/  
 &DEVC ID='Fenster105', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,19.1,1.5/  
 &DEVC ID='Fenster10204', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,19.1,3.1/  
 &DEVC ID='Fenster106', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,20.7,1.5/  
 &DEVC ID='Fenster10205', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,20.7,3.1/  
 &DEVC ID='Fenster107', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,22.3,1.5/  
 &DEVC ID='Fenster10206', PROP\_ID='Fensterlösung', XYZ=15.8,22.3,3.1/  
  
 &CTRL ID='CTRL02', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster1'/  
 &CTRL ID='CTRL09', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster103'/  
 &CTRL ID='CTRL10', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster104'/  
 &CTRL ID='CTRL11', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster105'/  
 &CTRL ID='CTRL12', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster106'/  
 &CTRL ID='CTRL13', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster107'/  
 &CTRL ID='CTRL', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster102'/  
 &CTRL ID='CTRL03', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster10202'/  
 &CTRL ID='CTRL04', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster10203'/  
 &CTRL ID='CTRL05', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster10204'/  
 &CTRL ID='CTRL06', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster10205'/  
 &CTRL ID='CTRL07', FUNCTION\_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT\_ID='Fenster10206'/  
  
 &MATL ID='TRÄ',  
 SPECIFIC\_HEAT=2.0,  
 CONDUCTIVITY=0.13,  
 DENSITY=800.0/  
 &MATL ID='GLASS',  
 SPECIFIC\_HEAT=0.84,  
 CONDUCTIVITY=1.1,  
 DENSITY=1100.0/  
  
 &SURF ID='trääd',  
 RGB=102,0,0,

```

MATL_ID(1,1)='TRÄ',

MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,

THICKNESS(1)=0.4/

&SURF ID='WINDOW',

RGB=146,202,166,

MATL_ID(1,1)='GLASS',

MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,

THICKNESS(1)=0.4/

&SURF ID='BUNER0,5',

COLOR='RED',

HRRPUA=446.9,

TAU_Q=-84.0/

&OBST XB=6.4,10.6,-7.6,-7.4,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=10.8,13.2,-7.6,-7.4,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=13.2,13.4,-7.6,-2.6,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=13.4,16.2,-2.8,-2.6,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=16.0,16.2,-2.6,7.2,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=16.0,16.2,13.0,23.0,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=13.2,16.2,23.0,23.2,0.0,0.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=0.0,1.4,0.0,0.2,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,0.0,0.6,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.8,9.8,0.0,0.2,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.2,-2.6,0.4,0.0,3.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.8,-2.8,-2.6,0.0,3.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=10.6,10.8,-7.6,-2.8,0.0,3.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=15.0,16.2,7.2,7.4,0.0,3.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=15.0,16.2,12.8,13.0,0.0,3.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction[1]
&OBST XB=13.2,13.4,20.4,23.0,0.0,3.8, SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=10.2,13.2,20.4,20.6,0.0,3.8, SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.2,13.2,20.6,0.0,3.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=0.0,9.8,20.2,20.4,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,19.8,20.2,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=-0.2,0.0,0.0,20.4,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=0.0,1.8,5.4,5.6,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=0.0,1.8,14.6,14.8,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,5.6,7.8,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,12.2,14.6,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=0.0,1.8,7.8,8.0,0.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,0.6,5.4,4.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,8.0,12.2,4.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.8,14.8,19.8,4.0,5.0, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='träd'/ Obstruction

```

&OBST XB=10.2,11.2,14.6,14.8,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,11.2,13.0,14.6,0.0,3.8, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=9.8,11.0,13.0,13.2,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=7.0,10.0,14.2,15.0,0.0,1.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=7.0,7.6,15.0,18.6,0.0,1.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=1.8,9.8,5.4,6.0,4.6,5.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=1.8,9.8,14.2,14.8,4.6,5.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction[1]  
&OBST XB=0.0,1.4,8.0,14.6,0.0,0.6, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=5.6,6.2,5.4,6.0,0.0,4.6, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=5.6,6.2,14.2,14.8,0.0,4.6, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction[1]  
&OBST XB=10.2,10.6,8.6,9.0,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=10.2,10.6,10.8,11.2,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction[1]  
&OBST XB=9.8,10.4,2.4,3.0,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=9.8,11.0,5.0,7.0,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=9.8,10.0,0.0,20.4,3.8,5.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=6.2,6.4,-3.4,0.0,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=6.2,10.6,-4.0,-3.4,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=6.2,6.4,-7.6,-4.0,0.0,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=10.8,13.2,-7.6,-7.4,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,13.4,-7.6,-2.6,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,16.2,-2.8,-2.6,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=16.0,16.2,-2.6,7.2,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=16.0,16.2,13.0,23.0,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,16.2,23.0,23.2,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=6.4,10.6,-7.6,-7.4,0.8,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction  
&OBST XB=15.0,16.0,13.0,16.0,0.0,0.5, SURF\_IDS='BUNER0,5','INERT','INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,13.4,-7.6,-2.8,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,16.2,-2.8,1.0,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,15.0,7.4,10.0,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,16.2,1.0,7.4,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=6.2,11.0,4.82947E-15,8.4,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=9.8,11.0,-2.8,4.82947E-15,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=10.6,11.0,-7.6,-2.8,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.2,6.2,5.55112E-17,8.4,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=6.2,11.0,8.4,20.4,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=9.8,11.0,20.4,20.6,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,16.2,17.2,20.6,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,16.2,20.6,23.2,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=-0.2,6.2,8.4,20.4,-0.2,0.0, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,15.0,10.0,12.8,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,16.2,12.8,17.2,-0.2,-2.77556E-17, SURF\_ID='träd'/ Obstruction  
&OBST XB=11.0,13.4,-7.6,-2.8,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction



&OBST XB=11.0,16.2,-2.8,1.0,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=11.0,15.0,7.4,10.0,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=11.0,16.2,1.0,7.4,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=14.8,15.0,7.2,10.0,-2.77556E-17,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction

&OBST XB=6.2,11.0,-7.6,4.82947E-15,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=9.8,11.0,4.82947E-15,8.4,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=9.8,11.0,8.4,20.6,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=11.0,16.2,17.2,20.6,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=13.2,16.2,20.6,23.2,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=11.0,15.0,10.0,12.8,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=11.0,16.2,12.8,17.2,3.8,4.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=14.8,15.0,10.0,13.0,-2.77556E-17,3.8, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='WINDOW'/ Obstruction

&OBST XB=6.2,9.8,-2.8,4.82947E-15,-0.2,0.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=6.2,10.6,-7.6,-2.8,-0.2,0.0, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=6.2,9.8,4.82947E-15,8.4,5.0,5.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=-0.2,6.2,5.55112E-17,8.4,5.0,5.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=6.2,9.8,8.4,20.4,5.0,5.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&OBST XB=-0.2,6.2,8.4,20.4,5.0,5.2, BNDF\_OBST=.FALSE., SURF\_ID='träd'/ Obstruction

&HOLE XB=15.95,16.25,14.0,14.6,1.0,2.0, CTRL\_ID='CTRL02'/ Hole

&HOLE XB=15.95,16.25,15.6,16.2,1.0,2.0, CTRL\_ID='CTRL09'/ Hole[1]

&HOLE XB=15.95,16.25,17.3,17.8,1.0,2.0, CTRL\_ID='CTRL10'/ Hole[2]

&HOLE XB=15.95,16.25,18.8,19.4,1.0,2.0, CTRL\_ID='CTRL11'/ Hole[3]

&HOLE XB=15.95,16.25,20.4,21.0,1.0,2.0, CTRL\_ID='CTRL12'/ Hole[4]

&HOLE XB=15.95,16.25,22.0,22.6,1.0,2.0, CTRL\_ID='CTRL13'/ Hole[5]

&HOLE XB=15.95,16.25,14.0,14.6,2.6,3.6, CTRL\_ID='CTRL'/ Hole[1]

&HOLE XB=15.95,16.25,15.6,16.2,2.6,3.6, CTRL\_ID='CTRL03'/ Hole[1][1]

&HOLE XB=15.95,16.25,17.3,17.8,2.6,3.6, CTRL\_ID='CTRL04'/ Hole[2][1]

&HOLE XB=15.95,16.25,18.8,19.4,2.6,3.6, CTRL\_ID='CTRL05'/ Hole[3][1]

&HOLE XB=15.95,16.25,20.4,21.0,2.6,3.6, CTRL\_ID='CTRL06'/ Hole[4][1]

&HOLE XB=15.95,16.25,22.0,22.6,2.6,3.6, CTRL\_ID='CTRL07'/ Hole[5][1]

&HOLE XB=9.75,10.25,18.0,20.0,0.3,8/ Hole

&HOLE XB=7.6,9.2,-0.05,0.25,0.2,2/ Hole

&HOLE XB=6.6,8.6,-4.05,-3.35,0.0,3.0/ Hole

&HOLE XB=10.55,10.85,-7.4,-6.0,2.0,3.8/ Hole

&HOLE XB=9.75,10.25,-2.2,-1.0,2.0,3.8/ Hole

&HOLE XB=6.15,6.45,-5.8,-5.0,0.0,2.2/ Hole

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=6.2,6.2,-5.8,-5.0,0.0,2.2/ Mesh Vent: mesh1 [XMIN]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=16.2,16.2,17.2,23.2,-0.2,4.6/ Mesh Vent: MESH2 [XMAX]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=16.2,16.2,10.0,17.2,-0.2,4.6/ Mesh Vent: MESH1 [XMAX]

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=8.4/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', VECTOR=.TRUE., PBX=8.4/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=13.0/  
&SLCF QUANTITY='U-VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=-5.4/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBY=14.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=15.5/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBX=8.4/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', VECTOR=.TRUE., PBY=0.5/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBY=0.5/  
&SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=2.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=0.5/

&DEVC ID='Visibility UTRMV\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=7.0,10.0,-6.8,-4.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Visibility UTRMV02\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=11.6,13.0,14.0,16.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=7.0,10.0,-6.8,-4.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV02\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=6.6,10.2,0.6,3.6,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature BRAND\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=15.0,16.0,13.0,15.0,1.5,2.5/  
&DEVC ID='Temperature BRAND2\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=15.0,16.0,13.0,15.0,2.5,3.5/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV0202\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=0.2,3.8,1.6,4.6,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV020202\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=0.2,3.8,15.6,18.6,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Visibility UTRMV03\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=0.6,3.6,1.6,4.4,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Visibility UTRMV0302\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=0.6,3.6,15.6,18.4,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV0203\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=12.5,14.5,7.0,9.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV020302\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=12.5,14.5,9.5,11.5,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature UTRMV020303\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=12.5,14.5,12.0,14.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Visibility DORRs\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=12.5,14.5,7.0,9.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Visibility DORRs02\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=12.5,14.5,9.5,11.5,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Visibility DORRs03\_MIN', QUANTITY='VISIBILITY', STATISTICS='MIN', XB=12.5,14.5,12.0,14.0,0.0,2.2/  
&DEVC ID='Temperature BRAND202\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=0.2,1.2,9.0,11.0,3.1,4.1/  
&DEVC ID='Temperature BRAND02\_MAX', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=0.2,1.2,9.0,11.0,2.1,3.1/

&TAIL /

