

Brandteknisk riskvärdering av

---

# Berns i Stockholm



**Linnea Hjelte  
Oskar Jonsson  
Sebastian Levin  
Josip Novacic**

**Rapport 9447  
Lund 2013**



**LUNDS  
UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola



# **Brandteknisk riskvärdering av Berns i Stockholm**

**Linnea Hjelte**

**Oskar Jonsson**

**Sebastian Levin**

**Josip Novacic**

**Lund 2013**

*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 kvalitetsssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar sig resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.*

**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Berns i Stockholm

**Title**

Fire Safety Evaluation of Berns in Stockholm

**Författare/Authors**

Linnea Hjelte

Oskar Jonsson

Sebastian Levin

Josip Novacic

**Rapport/Report**

9447

Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, 2013

Fire Safety Engineering Program, Department Lund Institute of Technology, 2013

© Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2013

**Antal sidor/Number of pages:** 172

**Språk/Language:** Svenska/Swedish

**Bilder och illustrationer**

Där inget annat står nämnt är bilderna och illustrationerna i rapporten författarnas. Bilder i rapporten som hämtats från Berns hemsida är tagna med tillåtelse.

**Nyckelord**

Brandteknisk riskvärdering, nattklubb, brandscenario, effektutveckling, utrymning, personsäkerhet, Berns Salonger, kritiska förhållanden, FDS, Simulex, Pyrosim, @risk, Detact-T2.

**Keywords**

Fire safety evaluation, nightclub, fire scenario, heat release rate, evacuation, human safety, Berns saloons, untenable conditions, FDS, Simulex, Pyrosim, @risk, Detact-T2.

---

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

[brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)  
<http://www.brand.lth.se>

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

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

[brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)  
<http://www.brand.lth.se/english>

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

## Förord

Ett stort tack riktas till våra handledare som under arbetets gång kommit med ovärderliga tips, givit feedback och på ett engagerat sätt hjälp till med allt som behövts.

*Alexander Cedergren*, Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH, Handledare.

*Axel Jönsson*, Brandskyddskonsult, Brandskyddslaget, Handledare.

Dessa personer har också varit med och hjälpt oss framåt i arbetet och vi vill tacka dessa.

*Torkel Dittmer*, Brandskyddskonsult, Brandskyddslaget.

*Håkan Frantzich*, Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.

*Nils Johansson*, Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.

*Daniel Nilsson*, Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.

*Jonathan Wahlqvist*, Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH.

*Sven-Olof Wikman*, Fastighetskötare, Berns Salonger.

## Nomenklaturlista

|                       |   |
|-----------------------|---|
| $A_o$                 | Öppningsarea [ $m^2$ ]                                |
| $B$                   | Bredd [m]   |
| $c$                   | Specifik värmekapacitet vid konstant tryck [kJ/(kgK)] |
| $c_p$                 | Specifik värmekapacitet vid konstant tryck [kJ/(kgK)] |
| $D$                   | Brandens diameter [m]                                 |
| $D$                   | Avstånd platta till punkt [m]                         |
| $D^*$                 | Brandens karakteristiska diameter                     |
| $g$                   | Tyngdaccelerationen [ $m/s^2$ ]                       |
| $H$                   | Lokalens höjd [m]                                     |
| $H_0$                 | Höjd på öppning [m]                                   |
| $h$                   | Konvektiva värmeövergångstalet [W/mK]                 |
| $L$                   | Längd [m]   |
| $\dot{m}_a$           | Massflöde av luft in i utrymmet [kg/s]                |
| $n$                   | tillväxtexponent [-]                                  |
| $RTI$                 | Termisk tröghet [ $m^{1/2}s^{1/2}$ ]                  |
| $S$                   | Säkerhetsmarginal [s]                                 |
| $S$                   | Golvarea [ $m^2$ ]                                    |
| $T_a$                 | Omgivande temperatur [K]                              |
| $T_\infty$            | Omgivande temperatur [K]                              |
| $T_g$                 | Gasens temperatur [K]                                 |
| $T_d$                 | Aktiveringstemperatur [K]                             |
| $T_0$                 | Sprinklerhuvudets starttemperatur [K]                 |
| $t$                   | tid [s]   |
| $t_{kritiskt}$        | Tid till kritiska förhållanden [s]                    |
| $t_{utrymning}$       | Utrymningstid[s]                                      |
| $t_{varseblivning}$   | Varseblivningstid [s]                                 |
| $t_{förberedelsetid}$ | Förberedelsetid[s]                                    |
| $t_{förflyttning}$    | Förflyttningstid[s]                                   |
| $\dot{Q}$             | Maximal effekt [MW]                                   |

|               |   |
|---------------|---|
| $\dot{Q}_r$   | Strålningseffekt [MW]   |
| $\dot{Q}^*$   | Brandens karakteristiska effektutveckling [kW]                |
| $\dot{q}''$   | Strålningsintensitet [kW/m <sup>2</sup> ]                     |
| $\dot{q}_b''$ | Strålningsintensitet från brandgaslager [kW/m <sup>2</sup> ]  |
| $\dot{q}_f''$ | Strålningsintensitet från flamma [kW/m <sup>2</sup> ]         |
| $v_e$         | Ventilationsflöde [m <sup>3</sup> /s]                         |
| $v_g$         | Gashastighet [m/s]  |
| $z$           | Brandgaslagrets höjd från golvet [m]                          |
| $\alpha$      | Tillväxthastighetskoefficient [kW/s <sup>2</sup> ]            |
| $\varepsilon$ | Emissivitet [-]   |
| $\sigma$      | Stefan Boltzmanns konstant [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ] |
| $\rho$        | Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]                                 |
| $\rho_g$      | Brandgasernas densitet [kg/m <sup>3</sup> ]                   |
| $\rho_a$      | Omgivande luftens densitet [kg/m <sup>3</sup> ]               |
| $\rho_\infty$ | Omgivande luftens densitet [kg/m <sup>3</sup> ]               |
| $\phi$        | Synfaktor [-]   |
| $\chi$        | Förbränningseffektivitet [-]                                  |

## Akronymer

|       |   |
|-------|---|
| BBR   | Boverkets byggregler  |
| BBRAD | Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnadens brandskydd |
| CAD   | Computer Aided Design   |
| CFD   | Computational Fluid Dynamics  |
| FDS   | Fire Dynamics Simulator   |
| RTI   | Response Time Index   |
| NIST  | National Institute of Standards and Technology (USA)                        |
| CFAST | Consolidated Model of Fire and Smoke Transport                              |
| SRVFS | Statens Räddningsverk Författningssamling                                   |

**Abstract**

The main purpose of this report is to evaluate the fire safety situation in Berns, which is a nightclub and hotel in central Stockholm.

A risk analysis is made where the three most probable scenarios with the highest impact are picked out for further assay. With simulations in FDS and CFAST the time until untenable conditions occur is calculated. The results from the simulations are compared to results from simulations in Simulex, which give the time until evacuation is completed. If the difference between these is negative measures are taken until the difference is no longer below zero. The measures that are suggested are controlled by hand calculations and new simulations.

The conclusion is that the evacuation safety situation in Berns is not satisfying without measures in two out of three scenarios. Different measures are considered and proposed to provide improvement until the situation is acceptable.



## Sammanfattning

Denna rapport syftar till att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Berns i Stockholm. Rapporten skrivs av brandingenjörstudenter som en del i kursen brandteknisk riskvärdering som ges på Lunds Tekniska Högskola.

Denna rapport avgränsas till att utvärdera personsäkerheten när nattklubben bedriver sin verksamhet på Berns i Stockholm.

På Berns bedrivs nattklubsverksamhet där det maximala personantalet i dagsläget är 1700 personer. När nattklubben har sin verksamhet är Stora och Lilla Salongen på entréplan tillgängliga för besökarna, samt garderobsavdelningen och klubblokalen Galleriet på källarplan. Dessutom är Stora Uteterrassen och balkongerna tillgängliga för besökarna på plan ett.

Inför den brandtekniska riskvärderingen utfördes ett platsbesök på Berns i Stockholm där information samlades in för att få en uppfattning om hur brandskyddet är utarbetat, vilka utrymningsvägar som finns tillgängliga samt vilka brandscenarier som kan tänkas inträffa. Efter platsbesöket gjordes en grovanalys där tänkbara brandscenarier togs fram och rangordnades inbördes med avseende på sannolikhet och konsekvens. De olika tänkbara brandscenarierna åskådliggjordes i en riskmatris varefter tre brandscenarier med högst sannolikhet och konsekvens valdes ut för vidare analys. De tre scenarier som valdes ut var brand i garderobsavdelningen på källarplan, brand i frigolitfigur på källarplan och brand på Lilla Scenen i Stora Salongen på entréplan. Dessa bedömdes representativa för de tänkbara brandscenarierna. För vidare analys av de utvalda brandscenarierna utfördes handberäkningar och simuleringar främst i datorprogrammen FDS, CFAST och Simulex. Genom dessa beräkningar och simuleringar togs tid till kritiska förhållanden samt utrymningstider fram. Dessa tider jämfördes med varandra för att få fram en säkerhetsmarginal för utrymning för respektive brandscenario. Är denna säkerhetsmarginal positiv innebär det att personerna inne i lokalerna har möjlighet att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Slutsatserna i rapporten visar att personsäkerheten i dagsläget inte kan garanteras för besökarna i händelse av brand i två av de tre utvalda brandscenarierna inom de delar av byggnaden som rapporten avgränsas till. Åtgärdsförslag läggs fram för att säkerställa personsäkerheten för de scenarier där denna inte kan garanteras. Där möjlighet fanns undersöktes vilka åtgärder som krävs för att det maximala personantalet ska kunna utökas.

Åtgärdsförslagen är indelade i kategorierna *ska* och *bör*, där ett införande av *ska*-förslagen ser till att acceptabla förhållanden råder under tiden som utrymning pågår. Förslagen i *bör*-kategorin ska ses som åtgärder som förbättrar personsäkerheten men dock inte tillräckligt för att säkerställa att utrymning sker innan kritiska förhållanden uppstår.

### *bör*

- Personalen *bör* tilldelas specifika uppgifter vid en utrymningssituation
- Spegelväggen *bör* styras så att den öppnas upp vid detektion
- Skyltarna med texten ”*endast personal*” och ”*dörren är larmad*” *bör* tas bort från de dörrar som används som utrymningsväg
- Dörröppningsknapparnas utseende och position *bör* ses över för att förtydliga deras funktion
- Utrymningsskyltarna *bör* vara genomlysta

### *ska*

- Brandgasfläkt *ska* installeras på källarplan med ett flöde på 35 m<sup>3</sup>/s i garderobsavdelningen respektive Galleriet. Tilluften *ska* ökas för att motverka undertryck i lokalerna
- Befintliga sprinklerna på källarplan *ska* bytas ut till sprinkler med RTI-värde på 50 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup>

Vid ett utökat personantal i Stora Salongen rekommenderas följande åtgärder

*bör*

- Personalen *bör* tilldelas specifika uppgifter vid en utrymningssituation samt att utrymningsvägarna görs attraktiva

*ska*

- Brandgasfläkt *ska* installeras med ett flöde på 10 m<sup>3</sup>/s
- eller*
- Spegelväggen *bör* styras så att den öppnas upp vid detektion alternativt att den tas bort när höga personantal förekommer

## Innehållsförteckning

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Inledning.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1       | Syfte .....   | 1         |
| 1.2       | Mål .....   | 1         |
| 1.3       | Avgränsningar .....   | 1         |
| 1.4       | Begränsningar.....  | 1         |
| 1.5       | Skyddsmål .....   | 1         |
| <b>2</b>  | <b>Metod.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Objektsbeskrivning.....</b>                                | <b>7</b>  |
| 3.1       | Källarplan .....  | 8         |
| 3.2       | Entréplan och plan ett.....                                   | 9         |
| 3.3       | Befintligt brandskydd .....                                   | 11        |
| <b>4</b>  | <b>Riskidentifiering.....</b>                                 | <b>15</b> |
| 4.1       | Avgränsningar i riskidentifieringen.....                      | 15        |
| 4.2       | Brandscenarier - Grovanalys .....                             | 15        |
| <b>5</b>  | <b>Scenario 1 - Garderoben.....</b>                           | <b>25</b> |
| 5.1       | Dimensionerande brand.....                                    | 25        |
| 5.2       | Åtgärder.....   | 31        |
| 5.3       | Sammanfattning av åtgärder.....                               | 39        |
| <b>6</b>  | <b>Scenario 4 - Frigolitfigur.....</b>                        | <b>41</b> |
| 6.1       | Dimensionerande brand.....                                    | 41        |
| 6.2       | Åtgärder.....   | 46        |
| <b>7</b>  | <b>Scenario 8 - Lilla Scenen .....</b>                        | <b>47</b> |
| 7.1       | Dimensionerande brand.....                                    | 47        |
| 7.2       | Åtgärder som medför en utökning av maximalt personantal ..... | 52        |
| 7.3       | Sammanfattning av åtgärder.....                               | 60        |
| <b>8</b>  | <b>Känslighetsanalys.....</b>                                 | <b>61</b> |
| 8.1       | Fallerande system .....                                       | 61        |
| 8.2       | Förflyttningstid.....   | 62        |
| 8.3       | Kritiska förhållanden .....                                   | 64        |
| 8.4       | Fördelningar .....  | 65        |
| 8.5       | Maximal tid till kritiska förhållanden.....                   | 67        |
| <b>9</b>  | <b>Diskussion.....</b>  | <b>69</b> |
| 9.1       | Resultat utan åtgärder .....                                  | 69        |
| 9.2       | Resultat med åtgärder .....                                   | 70        |
| 9.3       | Övergripande diskussion .....                                 | 71        |
| <b>10</b> | <b>Slutsats .....</b>   | <b>81</b> |
| <b>11</b> | <b>Litteraturförteckning.....</b>                             | <b>83</b> |

|    |   |
|----|---|
| A. | Bilaga A: Handberäkningar .....                                       |
| B. | Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning .....            |
| C. | Bilaga C: Brandspridning .....  |
| D. | Bilaga D: Datorprogram .....  |
| E. | Bilaga E: Simulex .....   |
| F. | Bilaga F: In- och utdata för Detact-T2 .....                          |
| G. | Bilaga G: Flamskydd och brandklassning av ytskikt och inredning ..... |
| H. | Bilaga H: Simuleringar .....  |
| I. | Bilaga I: Försök .....  |
| J. | Bilaga J: Bilder .....  |
| K. | Bilaga K: Utrymningsteori .....                                       |
| L. | Bilaga L: Indata FDS .....  |

## 1 Inledning

Denna rapport utgör en del av kursen VBR054 Brandteknisk Riskvärdering som ges för studenterna på Brandingenjörsprogrammet på Lunds Tekniska Högskola, LTH. Nedan följer syfte och mål med denna rapport samt de avgränsningar och begränsningar som görs.

### 1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Berns i Stockholm. Detta för att utveckla ett ingenjörsmässigt tankesätt och för att tillämpa kunskaper från tidigare kurser i praktiken.

### 1.2 Mål

Målet med rapporten är att, genom beräkningar och resonemang med utgångspunkt i byggnadens befintliga brandskydd, utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Berns i Stockholm. Vidare är målet att förbättrande åtgärder skall föreslås och effekten av dem utvärderas. I fall där personsäkerheten bedöms god ska även möjligheter att utöka det maximala personantalet undersökas.

### 1.3 Avgränsningar

I denna riskvärdering utreds endast personsäkerheten i byggnaden. Det görs ingen utredning av den materiella skada som en eventuell brand skulle kunna orsaka. Dessutom kommer inte fokus att läggas på de kostnader som ett eventuellt åtgärdsförslag skulle medföra. Åtgärdsförslagets effekt på brandskyddet kommer att diskuteras i förhållande till kostanden, men i övrigt kommer inte de ekonomiska aspekterna tas med i rapporten.

Berns är en stor byggnad som rymmer många lokaler, därför har en avgränsning gjorts som innebär att endast delar av byggnaden utreds. De lokaler som bedöms vara mest intressanta ur utrymningssynpunkt och som därför valts ut är garderobsavdelningen och Galleriet på källarplan samt Stora och Lilla Salongen med tillhörande verandor på entréplan. Stora Uteterrassen, på plan 1, står i direkt förbindelse med salongerna och huvudentrén och ingår därför också i de lokaler som utreds vidare. På grund av den begränsade tid som finns till förfogande, utreds inte övriga delar av Berns i denna rapport.

### 1.4 Begränsningar

Byggnaden är K-märkt, vilket innebär att möjligheterna att göra ändringar i byggnaden är begränsade. Bland annat är det svårt att uppföra nya utrymningsvägar på grund av att fasaden ska bevaras i sitt nuvarande skick.

Begränsningarna i datorprogrammen som används redovisas under respektive avsnitt.

Trots liknande förutsättningar kan brand- och utrymningsförlopp variera mycket från fall till fall. Det är således svårt att förutspå hur en brand utvecklar sig och de simuleringar som utförs ska inte ses som en exakt bild av verkligheten. Dessa bör snarare betraktas som approximationer av troliga brand- och utrymningsförlopp.

### 1.5 Skyddsmål

Det skyddsmål som har satts upp för Berns i denna analys är att ingen av besökarna tillåts utsättas för kritiska förhållanden i händelse av brand i byggnaden. Vid utredning av säkerhetsmarginalen används ett 95-procentigt ensidigt konfidensintervall. Konfidensintervallet grundar sig i ett förslag från Standard Norge, där 95-procentigt konfidensintervall används. (Standard Norge, 2012)

I Tabell 1.1 nedan redovisas de kriterier för kritiska förhållanden som används i analysen och tagits fram av Boverket. (Boverket, 2011)

Tabell 1.1. Nivå för kritisk påverkan vid analys av utrymnings säkerhet. (Boverket, 2011)

| Kriterium                         | Nivå   |
|-----------------------------------|--|
| 1. Brandgaslagrets nivå ovan golv | Lägst 1,6 + (rumshöjden [m] X 0,1)   |
| 2. Siktbarhet, 2,0 m ovan golv    | 10,0 m i utrymmen >100 m <sup>2</sup><br>5,0 m i utrymmen <100 m <sup>2</sup> . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats där könen uppstår |
| 3. Värmestrålning/Värmedos        | Max 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m <sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup>               |
| 4. Temperatur                     | Max 80°C   |
| 5. Toxicitet, 2,0 m ovan golv     | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm<br>Koldioxidkoncentrationen (CO <sub>2</sub> ) <5 %<br>Syrgaskoncentrationen (O <sub>2</sub> ) >15 %  |

## 2 Metod

Arbetet inleddes med en inventering på plats, den första februari 2013 och närvarande var Sebastian Levin, Oskar Jonsson, Josip Novacic, Linnea Hjelte, Alexander Cedergren, Axel Jönsson, Torkel Dittmer och Sven-Olof Wikman.

Under besöket utfördes en rundvandring i lokalerna där nödvändig information samlades in. När besöket utfördes var restaurangverksamheten öppen för besökare, medan nattklubbens verksamhet låg nere. Efter rundvandringen granskades ritningar över byggnadens ventilationssystem och lokalernas olika mått bestämdes med hjälp av mätinstrument. Under kvällen gjordes ett besök under nattklubbens verksamhet, där iakttagelser gjordes var besökarna rörde sig samt hur nattklubsverksamheten bedrevs i stort.

Efter besöket sammanställdes anteckningar och intryck. Det gjordes vissa avgränsningar kring vilka lokaler som skulle utredas i rapporten och ett skyddsmål sattes upp. Vidare togs flertalet brandscenarier fram i en grovanalys och rangordnades inbördes med avseende på sannolikhet och konsekvens. Alla scenarier analyserades och sammanställdes i en riskmatris, varav de tre värsta troliga scenarierna valdes ut för fördjupad analys.

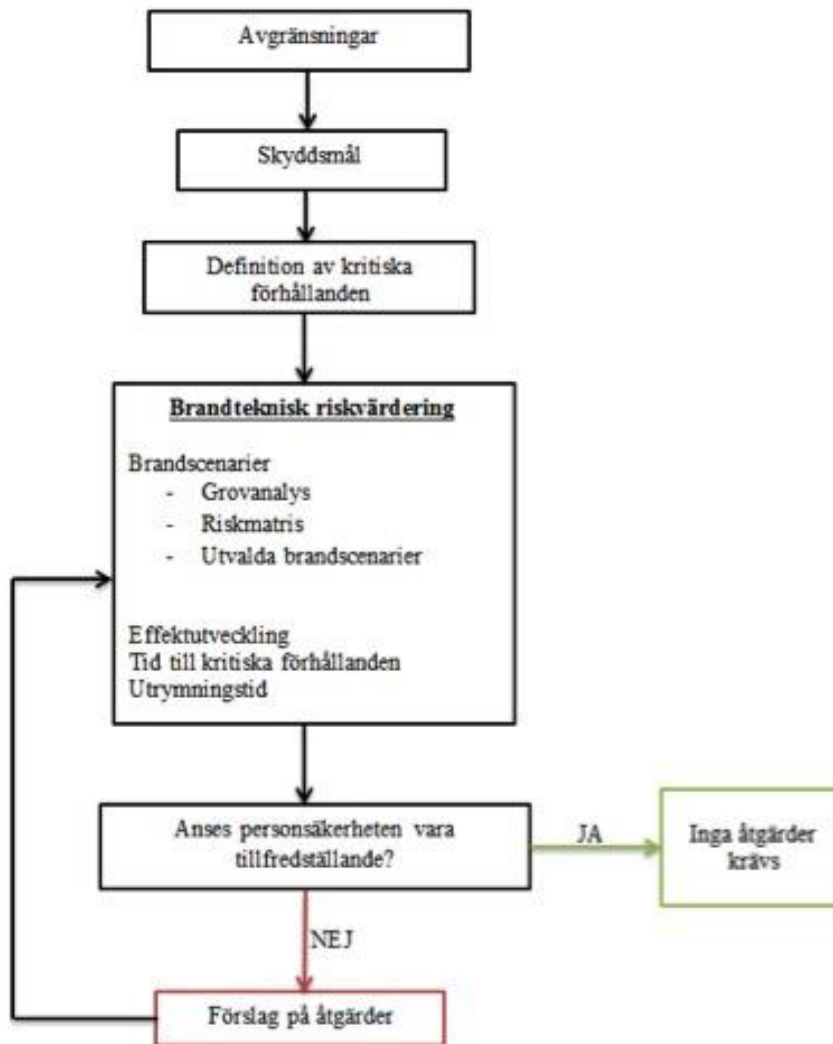
En effektutvecklingskurva fastställdes för att representera branden i var och en av de tre utvalda scenarierna. Brandens placering diskuterades för att fastställa hur positionen påverkar utrymningen. I de fall där det fanns en tydlig brandkälla användes en deterministisk metod. Det innebär att representativa värden på en dimensionerande brand användes. I de fall där det existerade osäkerheter kring möjliga brandkällor och brandens egenskaper användes ett probabilistiskt angreppssätt där olika effektutvecklingar togs fram. En uppskattning av sannolikheterna för de olika effektutvecklingarna gjordes, bedömningen av sannolikheten utfördes genom kvalitativa diskussioner.

Eftersom sprinkleraktivering dämpar effektutvecklingen beräknades tiden till sprinkleraktivering för de olika scenarierna i programmet Detact-T2. Dessutom utfördes handberäkningar för att kontrollera brandgaslagrets nivå samt för att kontrollera om bränderna blir ventilationskontrollerade.

För att utföra datorsimuleringar i FDS och CFAST ritades geometrin upp, för FDS gjordes detta med hjälp av Pyrosim. I simuleringens programmen angavs de värden som representerar respektive brandscenario och simuleringar utfördes för att få fram tider till dess att kritiska förhållanden uppnås. Definitionen av kritiska förhållandena hämtades från BBRAD (Boverket, 2011) och information om datorprogrammen som används redogörs i *Bilaga D: Datorprogram*.

Värden på varseblivnings- och förberedelsetid togs fram genom litteraturstudier och förflyttningstider simulerades i datorprogrammet Simulex, se *Bilaga E: Simulex*. Den troliga maximala varseblivningstiden ansågs vara tiden till detektoraktivering, därför beräknades denna tid även i Detact-T2. Fördelningarna för dessa olika tider, som tillsammans utgör utrymningstiden, angavs i programmet @risk där värdena sen adderades för att erhålla utrymningstiden.

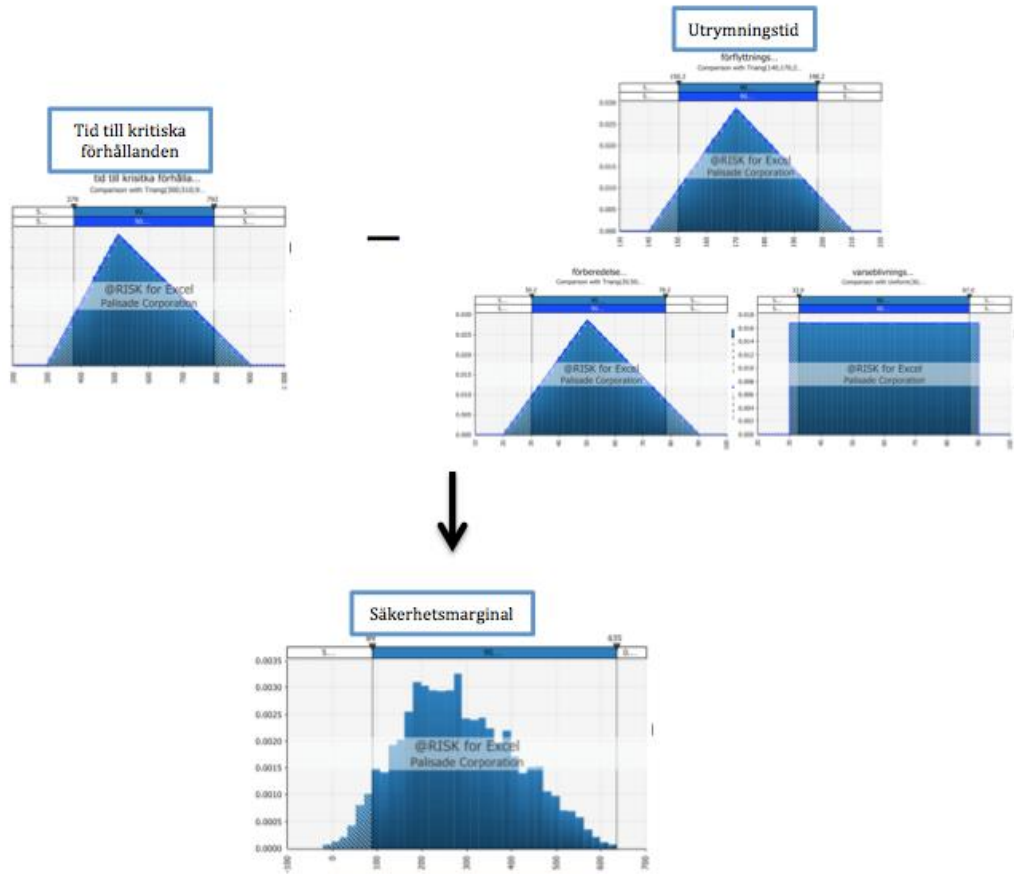
När tid till kritiska förhållanden och tid för utrymning tagits fram jämfördes dessa två värden och en bedömning gjordes där det fastställdes om personsäkerheten var acceptabel. De åtgärder som krävdes och hur dessa borde utformas diskuterades. Därefter gjordes en utvärdering av dessa åtgärder. Det utfördes även en känslighetsanalys där ingående parametrar i resultaten samt fallerande system diskuterades. En sammanställning av arbetsgången visas i Figur 2.1.



Figur 2.1 Arbetsgång för rapporten.

Bedömningen om personsäkerheten var tillfredställande grundade sig i beräkning av säkerhetsmarginalen. För att få fram säkerhetsmarginalen så adderades tiderna enligt ett schema som ses i Figur 2.2. Som ses i figuren jämfördes tid till kritiska förhållanden och den totala utrymningstiden genom att fördelningarna av dessa tider lades samman. I de fall där det var möjligt användes ett probabilistiskt angreppssätt, där tiderna representerades genom fördelningar. Om säkerhetsmarginalen blev positiv gjordes bedömningen att personsäkerheten var tillgodosedd. Om säkerhetsmarginalen var negativ kunde inte personsäkerheten garanteras och åtgärdsförslag lades fram, se Figur 2.1.





Figur 2.2. Metod för jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och utrymningstiden.



### 3 Objektsbeskrivning

Berns är en del av Stureplansgruppen, beläget i en K-märkt byggnad i centrala Stockholm. På Berns bedrivs olika verksamheter i form av nattklubb, restaurang, hotell och olika evenemang som exempelvis konserter. Verksamheten öppnade 1863 och har sedan dess expanderat och bland annat har en ny hotelldel byggts.



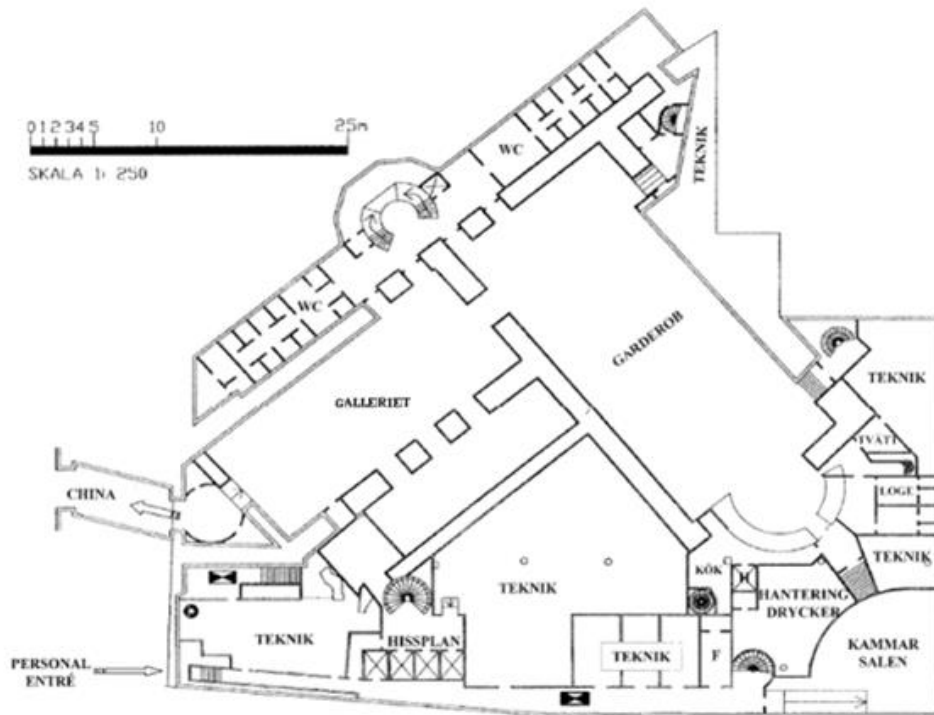
Figur 3.1. Byggnaden sedd utifrån. (Berns, 2013)

Byggnaden består huvudsakligen av två delar. Den ena delen utgör nattklubb och restaurang och i den andra delen bedrivs hotellverksamhet. Hotellet sträcker sig över sju plan och har egen ingång. Besökarna till nattklubben och restaurangen anländer via huvudentrén och möts då av huvudtrappan, som sammanbinder källarplan, entréplan och Stora Uteterrassen.

Källarplanet består i huvudsak av en nattklubbslokal, Berns Gallery 2.35:1, vidare omnämnt som Galleriet, samt en garderobsavdelning. Planet rymmer även en hörsal som används under dagtid. På entréplan bedrivs, under dagtid, restaurangverksamhet i två salonger. Under kvälls- och nattetid används dessa istället som nattklubb tillsammans med lokalerna i källarplanet. De olika föreställningarna som förekommer på Berns hålls i Stora Salongen. De båda salongerna är vid dessa evenemang åtskilda med en spegelvägg som vid behov kan tas bort. Bredvid Lilla Salongen finns en köksavdelning, där mat till restaurangens gäster tillagas. I Stora och Lilla Salongen finns balkonger som gästerna har tillträde till via spiraltrappor och i anknötning till en av balkongerna ut mot fasaden ligger Stora Uteterrassen.

### 3.1 Källarplan

Nedan följer en mer ingående beskrivning av källarplanet.



Figur 3.2. Ritning över källarplan

På källarplanet finns en garderobsavdelning där nattklubbens besökare hänger in sina jackor. Maximalt antal personer som får vistas i byggnaden i dagsläget är 1800, varav 100 antas vistas i hotelldelen (Brandskyddslaget, 2009). Detta innebär att 1700 jackor förutsätts vara det maximala antalet som förvaras i garderoben. Till vänster i Figur 3.3, bakom de svarta draperierna, skymtas utrymmet där de flesta jackor förvaras. Till höger i bilden sätts en provisorisk garderob upp för att öka kapaciteten under nattklubbens verksamhet.

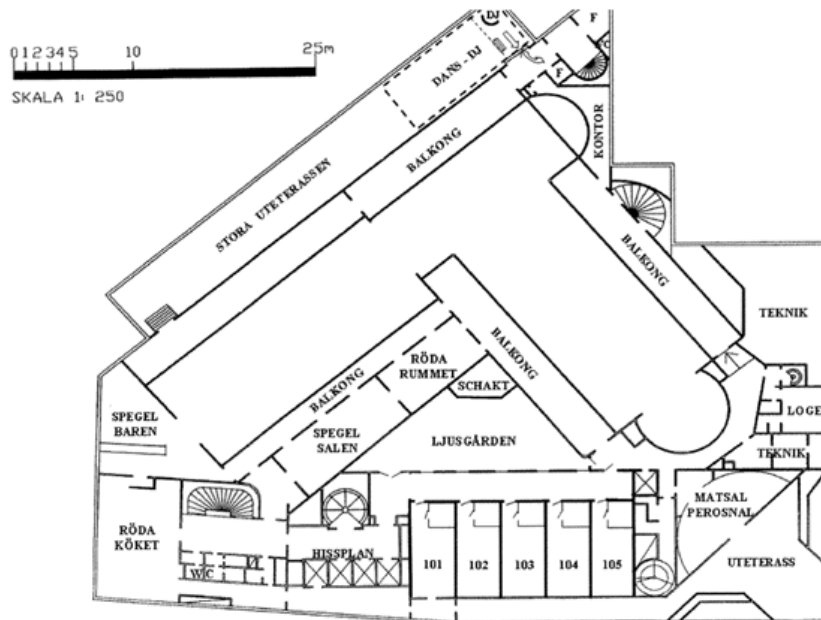


Figur 3.3. Bilden visar garderobsavdelningen. Både vänster och höger sida som visas i bild används till klädförvaring (Berns, 2013)

Intill garderoben ligger Galleriet där en del av nattklubsverksamheten drivs. Här finns ett antal barer och ett mindre dansgolv. Det finns en förbindelse mellan Galleriet och China-teatern, som ligger i angränsande byggnad. Denna förbindelse används som utrymningsväg från Galleriet i händelse av brand. Maximalt tillåtna personantal för källarplan är i dagsläget 650 personer.

### 3.2 Entréplan och plan ett

I detta avsnitt beskrivs entréplanet mer ingående.



Figur 3.4. Ritningen visar plan nummer ett.

På entréplan finns Stora Salongen där de olika evenemangen, så som konserter och föreställningar hålls. I denna del får det i dagsläget maximalt vistas 1200 personer. Stora Salongen sträcker sig över två plan där besökare har tillträde till två balkonger som löper längs långsidorna, se Figur 3.5 nedan.

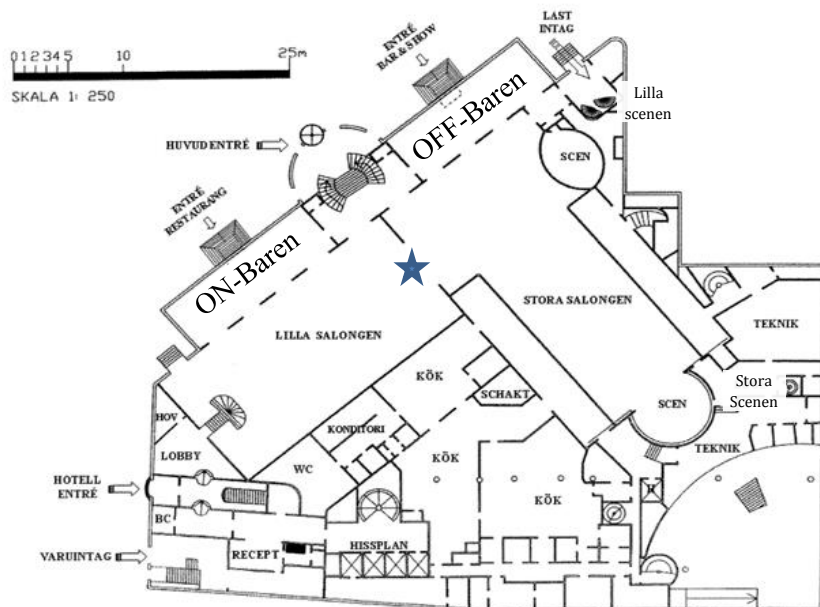


Figur 3.5. Överskådlig bild över Stora Salongen. (Berns, 2013)

I anslutning till Stora Salongen ligger Lilla Salongen. Dessa två salonger kan skärmars av med en spegelvägg, se Figur 3.6. I Lilla Salongen serveras lunch under dagen och när nattklubben öppnar upp på kvällen flyttas en del bord bort. Även i Lilla Salongen finns det balkonger som löper längs med

sidorna. Via en av balkongerna kan besökare ta sig till Stora Uteterrassen där det finns ytterligare barer och där det finns möjlighet att ta sig ner till huvudentrén och källarplan via huvudtrappan.

I anslutning till Stora och Lilla Salongen finns det två barer som benämns som ON- och OFF-baren, se Figur 3.6. Dessa används också när nattklubben har sin verksamhet.



Figur 3.6. Ritning över entréplanet. Spegelväggen, som kan användas för att skärma av Lilla och Stora Salongen, är markerad med en stjärna.



Figur 3.7. Bild tagen från balkongen i Lilla Salongen.

### 3.3 Befintligt brandskydd

Nedan följer en beskrivning av det befintliga brandskyddet på Berns i Stockholm.

#### 3.3.1 Byggnads- och verksamhetsklass

Den gällande byggnadstekniska klassen för Berns är Br1, enligt brandskyddsdocumentationen (Brandskyddslaget, 2009). Vid nyprojektering hade klassningen dock blivit Br0 och brandskyddet för en byggnad utförd i denna klass ska enligt BBR:5:112 verifieras med analytisk dimensionering. Verksamhetsklassen för lokalerna som utreds i denna rapport är Vk2C, enligt BBR 5:212 (Boverket II, 2012).

#### 3.3.2 Dimensionerande personantal

Nedan följer det dimensionerande personantalet för Berns, hämtade ur brandskyddsdocumentation för objektet (Brandskyddslaget, 2009).

Tabell 3.1. Dimensionerande personantal för Berns.

| Lokal                                    | Maximalt antal personer |
|--|-------------------------|
| <b>Berns nattklubb, totalt</b>           | 1700 <sup>1</sup>       |
| <b>Stora Salongen</b>                    | 1200                    |
| <b>Lilla Salongen</b>                    | 600                     |
| <b>Källarplan (garderob + nattklubb)</b> | 650                     |

#### 3.3.3 Sprinklersystem

Byggnaden är försedd med sprinkler i alla publika utrymmen samt köksavdelningarna. Sprinklersystemet är utfört enligt SBF 120:5 (Brandskyddslaget, 2009). Systemet är uppdelat i tre sektioner och vattnet tas från det kommunala nätet. Besiktning av sprinklersystemet utförs en gång per år (Wikman, 2013). Sprinklerhuvudena i de båda salongerna är placerade på en rektangelformad rörslinga som går utmed sidorna på de båda rummen. Rörslingan och sprinklerhuvudena är monterade uppskattningsvis en till två decimeter från taket. Det finns även sprinkler placerade under balkongerna i Stora och Lilla Salongen. Sprinklerhuvudenas aktiveringstemperatur är 68°C och de har ett RTI som i försök fastställdes till 114 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup> och 390 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup> på grund av bulbernas olika termiska tröghet. Uträkningar för RTI finns i *Bilaga I: Försök*.

#### 3.3.4 Ventilation

Det ventilationssystem som finns i Berns lokaler är av typen FTX. Det vill säga mekanisk till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Kanalsystem, isoleringsmaterial och luftdon består i huvudsak av obrännbart material (Brandskyddslaget, 2009).

Det finns inget aktivt skydd som förhindrar brandgasspridning inom brandcellerna men varje lokal har ett separat aggregat för till- och frånluft. Risken för att brandgaserna ska spridas mellan lokalerna via ventilationen är därmed högst osannolikt. Detta gäller både Stora och Lilla Salongen samt källarplanet, se *Bilaga J: Bilder*.

#### 3.3.5 Brandgasventilation

Brandgasfläktar förekommer på källarplanet och sätts igång manuellt av räddningstjänsten. Funktionen för dessa är att ventilerar ut rök efter ett brandtillbud. Brandgasfläktarna drar ut brandgaserna genom luckorna och ut till det fria. Dessa brandgasfläktar testas en gång om året.

<sup>1</sup> 1800 gäller för hela byggnaden varav hotellet räknas som 100 personer

### 3.3.6 Brand- och utrymningslarm

Berns är försett med ett brandlarm som kan aktiveras av tre av varandra oberoende händelser; vid detektering av brandgaser, vid sprinkleraktivering eller vid manuell aktivering via larmknapp. Larmet är direktkopplat till räddningstjänsten. Via brandlarmet sänds en signal till de automatiska dörrstängare som finns i byggnaden och ett utrymningslarm sätts igång. Rökdetektorer är utplacerade i lokalerna, samt i ventilationskanalerna. Gällande standard för brandlarmet i lokalerna är SBF 110:6 (Brandskyddslaget, 2009).

Samtliga lokaler som undersöks i detta arbete av Berns är försedda med utrymningslarm. Larmet inleds med ett ringande ljud, följt av ett talat meddelande som uppmanar besökarna att bege sig till närmaste utgång. När utrymningslarmet aktiveras tystnar musiken och lokalerna lysas upp för att underlätta utrymning (Brandskyddslaget, 2009).

### 3.3.7 Rutiner, ansvarsfördelning och systematiskt brandskyddsarbete

Systematiskt brandskyddsarbete ska enligt SRVFS 2004:3 utföras för att förebygga en brand och för att se till att det finns fungerande åtgärder vid brand (SRVFS, 2004). Som en del i det systematiska brandskyddsarbetet har Berns tillsatt en brandskyddskommitté, vars funktion bland annat är att säkerställa att all ny inredning som köps in uppfyller de krav som ställs. Det utförs årligen en stor utrymningsövning där personalen får övning i att utrymma byggnaden och att använda handbrandsläckare. Personalen saknar dock specifika uppgifter vid en utrymningsituation. Väktare patrullerar byggnaden nattetid och de kontrollerar bland annat att utrymningsvägar hålls fria och att släckutrustning inte blockerats. Under nattklubbens öppettider har en person i personalen till uppgift att, med hjälp av en checklista, säkerställa att brandsäkerheten upprätthålls. Besökarna får information om utrymningsvägar och släckutrustning genom de utrymningsplaner som är uppsatta på entréplan och källarplan men det saknas skyltning som informerar besökarna om hur många personer som får vistas i lokalen. Handbrandsläckare och brandposter är placerade runt om i lokalen, placering av dessa visas i *Bilaga J: Bilder*.

### 3.3.8 Räddningstjänst

Anspänningstid för räddningstjänsten ska enligt uppgift underskrida 10 minuter. (Wikman, 2013)

### 3.3.9 Utrymningsvägar

Källarplan och entréplan har ett antal av varandra oberoende utrymningsvägar, se Figur 3.8 och Figur 3.9. Flera av de utrymningsvägar som finns leder ut till Berzelii park på byggnadens framsida. Den största av dessa utrymningsvägar är huvudentrén som utgör gemensam utrymningsväg för balkongerna, entréplan och källarplan. Utrymningsvägarna är generellt tydligt markerade och flertalet ser ljusa och inbjudande ut. Flera dörrar på entréplan är försedda med fönster, vilket uppmanar besökarna till att använda dem som utrymningsvägar eftersom de anses vara mer attraktiva (Frantzich, 2000). Utrymningsvägarna på källarplan visar inte lika tydligt huruvida utrymningen sker direkt ut till det fria eller om den sker via en intilliggande lokal.

Två av utrymningsvägarna på källarplan består av luckor, belägna strax under takhöjd, som nås via stegar. Dessa två utrymningsvägar är placerade i de båda toalettavdelningarna på källarplanet. I övrigt gäller att all utrymning sker via trappor förutom utrymningsvägen som går via China-teatern.





Figur 3.8. Utrymningsvägar på källarplan. De gula utrymningsskyltarna utgörs av luckor från toaletterna.



Figur 3.9. Utrymningsvägar på entréplan.

Vid besöket var vissa utrymningsvägar blockerade av diverse föremål. Rutiner ska enligt uppgift från Berns finnas för att kontrollera att föremålen har tagits bort innan de öppnar lokalerna för besökare.

Utrymningsskyltar ska finnas som visar var utrymningsvägarna är, dock saknades det på några fåtal ställen. De flesta skyltarna var genomlysta men det förekom även icke genomlysta. Vid strömbortfall finns det ett backupsystem som håller igång nödbelysning och utrymningsskyltar minst en timme. För centralapparaten gäller detta i flertalet dygn.

### 3.3.10 Dörrar och beslag

Dörrar som leder till utrymningsvägar ska enligt uppgift alltid vara upplåsta och i de flesta fall var dessa utrustade med panikreglar. På ett antal dörrar fanns det en knapp som behövde tryckas in för att låsa upp dörren. Dess funktion framgick inte vid första anblicken och dess placering var inte alltid optimal eftersom knappen, på vissa ställen, inte var placerad precis vid dörrens handtag, se Figur 3.10. Det förekom skyltar på flera av dörrarna som angav att ”dörren är larmad” eller ”endast för personal”.

Uppställningen av dörrar såg ut att vara utförd på ett korrekt sätt, och uppfylls med hjälp av magneter. Dock observerades en dörr som inte fungerade korrekt på grund av att dörrstängaren inte fungerade.



Figur 3.10. Bild på knappen för att låsa upp dörren vid utrymning. Dörrens handtag är placerad på öppningsknappens motsatta sida.

### 3.3.11 Material och ytskikt

Berns har tillsatt en brandskyddskommitté som ser till att nyinköpta möbler och inredning har det brandskydd som erfordras. Detaljer om flamskydd och brandklassning redovisas i *Bilaga G: Flamskydd och brandklassning av ytskikt och inredning*.

## 4 Riskidentifiering

Nedan följer en riskidentifiering för Berns med tänkbara brandscenarier samt val av representativa brandscenarier.

### 4.1 Avgränsningar i riskidentifieringen

Nattklubben bedöms vara det arrangemang på Berns som utsätter besökarna för störst risk ur utrymningssynpunkt och därför kommer endast förhållandena under nattklubbsverksamheten att utredas. Verksamhet som bedrivs under dagtid samt restaurangverksamhet och olika föreställningar bedöms vara mindre komplicerade ur utrymningssynpunkt. Detta baseras på att besökarna är alkoholpåverkade i högre utsträckning och att persontätheten bedöms vara högre under nattklubbsverksamheten. Därför görs bedömningen att om situationen bedöms acceptabel när nattklubben har sin verksamhet kommer detta även gälla för andra tidpunkter på dygnet och för andra typer av evenemang och verksamheter i lokalerna.

### 4.2 Brandscenarier - Grovanalys

Nedan följer en grovanalys av de brandscenarier som kan förekomma på Berns. Brandscenarierna graderas relativt varandra med avseende på sannolikhet och konsekvens. Dessa presenteras i en riskmatris. Utifrån riskmatrisen väljs därefter de värsta troliga scenarierna ut för vidare analys. Sannolikhet och konsekvens kommer att graderas i följande skala: mycket hög, hög, medel, låg och mycket låg. De brandscenarier som har en tydligt fastställd placering markeras med siffror i Figur 4.5, Figur 4.6 och Figur 4.7. Scenarierna som inte är utsatta i figurerna representerar bränder som kan uppkomma på flera olika platser i lokalerna och sätts därför inte ut i figurerna.

#### *Scenario 1 - Garderoben*

I garderoben finns mycket brännbart material, främst i form av jackor. Förutom den fasta garderoben används även ställningar som sätts upp på golvet för att utöka garderobskapaciteten. Givet att samtliga gäster hänger in sin jacka och att antalet besökare uppgår till det maximala kan det förekomma upp till 1700 jackor i garderoben. Det rör sig personal i detta utrymme, som har uppsikt över garderoben, vilket sänker sannolikheten för att brand ska uppkomma till följd av vandalisering. Utrymmet är dessutom sprinklat vilket medför att brandens omfattning kommer att dämpas.

Mängden brännbart material i garderoben gör att antändning skulle innebära stora konsekvenser. Stora mängder brandgaser kan förväntas produceras och om branden skulle sprida sig kommer detta att försvåra utrymningen avsevärt. Därför sätts konsekvensen för detta brandscenario till mycket hög. På grund av den stora mängd brännbart material, i form av jackor, som inte är brandskyddsklassat och mängden besökare som rör sig i lokalen sätts sannolikheten till hög. Anledningen till att sannolikheten inte sätts till mycket hög grundar sig i att det finns närvaro av personal som har uppsikt i lokalen. Det kan vara trångt och folktätt i garderobsavdelningen under vissa tider på kvällen, vilket gör detta scenario extra intressant med hänsyn till personsäkerheten.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Mycket hög

*Scenario 2 - Möblerna vid garderoben*

I hörnet av garderobsavdelningen finns tre soffor och två mindre bord samt en golvlampa placerade. I detta område, som är relativt undanskymt för garderobspersonalen, kan besökarna röra sig fritt.

Möblerna ska enligt brandskyddsdocumentationen uppfylla de krav som ställs enligt BS 5852. V (Brandskyddslaget, 2009). Klassningen innebär att möblerna inte kommer att antändas då de utsätts



för en specifik tändkälla under en bestämd tid (FR-one, 2010). Personalens begränsande uppsikt, sammanvägt med kravet på att möblerna ska vara svårantändliga, göra att sannolikheten att möblerna vid garderoben skall antändas bedöms vara medelstor. Sofforna är tätt placerade vilket gör att en eventuell brand skulle spridas snabbt. Nära möblerna finns två utrymningsvägar, varav den ena är huvudtrappan, se Figur 4.1. Närheten mellan möblerna och utrymningsvägarna skulle kunna medföra problem vid utrymning, vilket gör att konsekvensen bedöms vara hög.

Figur 4.1. Soffgruppen bredvid stolförrådet.

Sannolikhet: Medel

Konsekvens: Hög

*Scenario 3 - Förrådet*

I anslutning till garderoben finns ett förråd där det vid objektsbesöket främst förvarades stolar.

Stolarna var staplade på varandra i travar om tio till tolv stycken och totalt fanns omkring 100 stolar i förrådet. Detta utrymme är inte tillgängligt för allmänheten under nattklubbens öppettider vilket gör att sannolikheten för att en brand ska uppkomma i förrådet bedöms vara låg.

Brandbelastningen är hög, men konsekvenserna av en brand bedöms trots det vara begränsade eftersom utrymmet är avgränsat och sprinklat.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Medel

Figur 4.2. Förråd i garderobsavdelningen.

#### Scenario 4 - Frigolitfigur

Frigolit är lättantändligt och brinner med en hög effektutveckling (Quintiere, 1991). Materialet producerar stora mängder svarta brandgaser och detta i kombination med källarplanets låga takhöjd skulle leda till att sikten försämras fort och att konsekvenserna skulle kunna bli mycket höga, se *Bilaga I: Försök* där försök har utförts med att förbränna frigolit. Frigolitfiguren är placerad vid ingången till Galleriet och skulle kunna blockera förbindelsen mellan Galleriet och garderobsavdelningen om den antänds. Huruvida figuren är lättantändlig beror på om figuren är brandklassad eller inte. Gällande möbler och annan inredning har det bedömts att brandklassningen efterföljs men i detta fall rör det sig om en tillfällig inredning och detta scenario tas således med för att visa på vikten av att tillfällig inredning är brandskyddsklassad.



Figur 4.3. Frigolitfiguren i Galleriet

Ett brandförlopp i detta scenario skulle kunna utvecklas snabbt men eftersom det vistas mycket personal i lokalen och med tanke på figurens placering, anses risken för att en besökare ska antända figuren vara medelstor.

Sannolikhet: Medel  
Konsekvens: Mycket hög

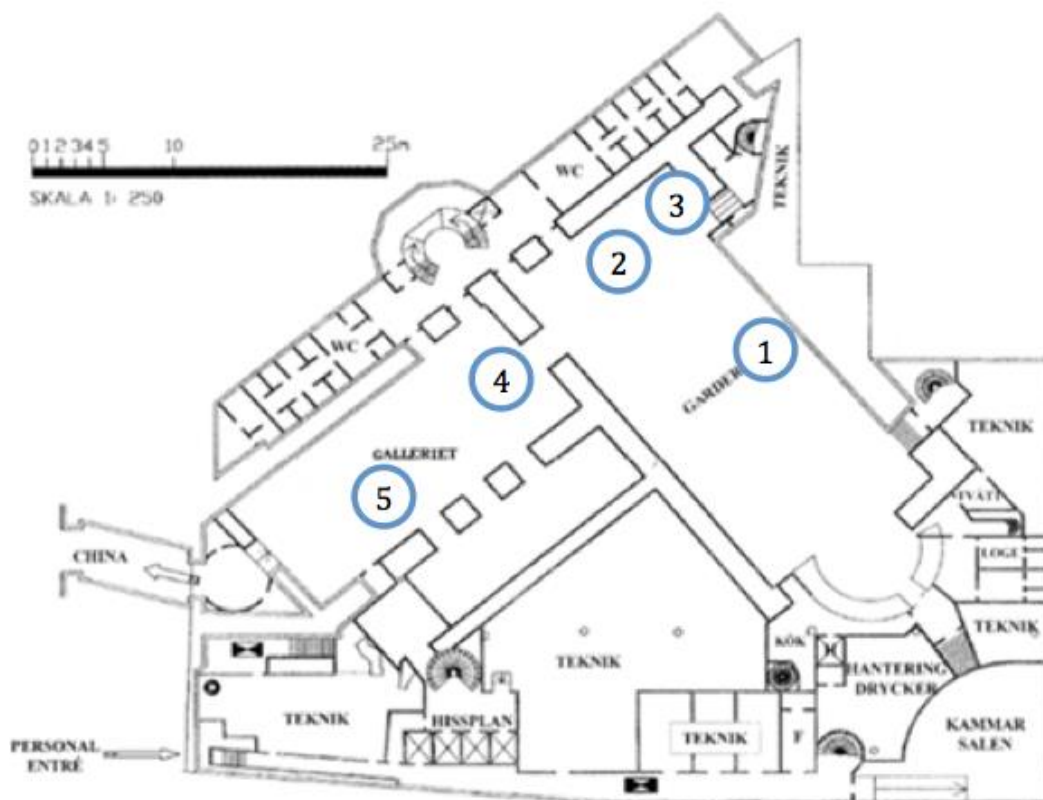
#### Scenario 5 - Ljudabsorption i Galleriet



Figur 4.4. Taket i Galleriet med det ljudisolerande materialet.

Det ljudabsorberande material som finns placerad i undertaket i Galleriet, se Figur 4.4, har en flamsäkerhet enligt DIN 4102 Klass B1 och IMO A 653 (Abinitio, 2012). Denna klassning av de ljudabsorberande plattorna innebär att de inte är lättantändliga (Ecosafe, 2013) vilket gör att sannolikheten för detta brandscenario sätts till låg. Denna klassning gör även att konsekvensen reduceras för detta scenario. Det kan bildas en viss mängd rök vid en eventuell antändning och eftersom det är lågt i tak inne i Galleriet kommer det gå relativt snabbt tills sikten försämras. Med detta som bakgrund sätts konsekvensen till medel för detta scenario.

Sannolikhet: Låg  
Konsekvens: Medel



Figur 4.5. Brandscenariernas placering på källarplan.

#### Scenario 6 - Gardiner

I lokalerna finns det gardiner som hänger på olika platser. Dessa gardiner ska vara brandklassade enligt klass 1 i Nordtest metod Fire 043 (Brandskyddslaget, 2009). Denna klassificering innebär att det inte kommer att ske någon flamspridning och att rökpotentialen är liten (Nordtest, 2012).

Sannolikheten sätts därför till mycket låg. Eftersom det finns gardiner som på vissa ställen hänger i nära anslutning till utrymningsvägar kommer en eventuell antändning att påverka dessa, men eftersom flamspridningen är begränsad sätts konsekvensen till låg.

Sannolikhet: Mycket låg

Konsekvens: Låg

#### Scenario 7 - Stora Scenen

Inredningen på scenen skiljer sig beroende på vilken aktivitet som pågår. I det värsta tänkbara scenariot är scenen fylld med brännbart material och antändning skulle exempelvis kunna ske genom ett elfel och sannolikheten sätts till hög. Vid en eventuell brand på scenen kommer inte huvudtrappan, som är den primära utrymningsvägen, att blockeras. Det är dessutom högt i tak och det kommer att ta en stund innan brandgaslagret når ner till kritiska nivåer för personer i lokalerna. Antalet besökare kan vara relativt stort när det pågår föreställningar. En sammanvägning mellan utrymningsalternativ, takhöjd och antalet besökare gör att konsekvensen sätts till medel.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Medel

### *Scenario 8 - Lilla Scenen*

Med samma resonemang angående sannolikheten som brandsceneriet på Stora Scenen ovan sätts sannolikheten för detta scenario också till hög. Konsekvensen sätts till hög eftersom en eventuell brand vid Lilla Scenen kommer att påverka både utrymningsvägen mot lastintaget och den primära utrymningsvägen via huvudtrappan. På Lilla Scenen är det troligt att det förkommer en lägre brandbelastning än på Stora Scenen, men på grund av utrymningssituationen väljs en högre konsekvens för detta scenario jämfört med scenario 7 ovan.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Hög

### *Scenario 9 - Möblemang i Lilla Salongen*

I Lilla Salongen finns en mängd bord och stolar, se Figur 3.7. Golvet är till stor del täckt av mattor. Möblerna ska vara brandklassade enligt BS 5852. V (Brandskyddslaget, 2009). Klassningen innebär att möblerna inte kommer att antändas då de utsätts för en specifik tändkälla under en bestämd tid (FR-one, 2010). Om möblerna påverkas under en längre tid, utsätts för en högre effektutveckling eller skadegörelse kan dock inte brandspridning uteslutas. Det rör sig många besökare i Lilla Salongen och belysningen är begränsad vilket gör att någon av besökarna relativt obehindrat skulle kunna antända möblerna med till exempel en tändare. Tillväxthastigheten på möblerna antas vara låg eftersom de är brandskyddsklassade, vilket sänker konsekvensen. Attraktiva utrymningsvägar med fönster i dörrarna underlättar troligtvis en utrymning av lokalen. Takhöjden i Lilla Salongen gör att det antas ta relativt lång tid för brandgaslagret att nå en kritisk nivå. Möblerna i lokalen står tätt intill varandra i hela rummet vilket kan försvåra en utrymning.

Sannolikhet: Medel

Konsekvens: Medel

### *Scenario 10 - Bar*

I barerna finns det begränsat med brännbart material. Det rör sig bara personal bakom bardisken och de antas ha bra uppsikt över inredningen och släckutrustningen vilket medför att sannolikheten för att en brand ska uppkomma bedöms vara låg. Vissa av barerna ligger i nära anslutning till dörröppningar som leder till utrymningsväg, vilket gör att konsekvensen höjs från mycket låg till låg.

Sannolikhet: Låg

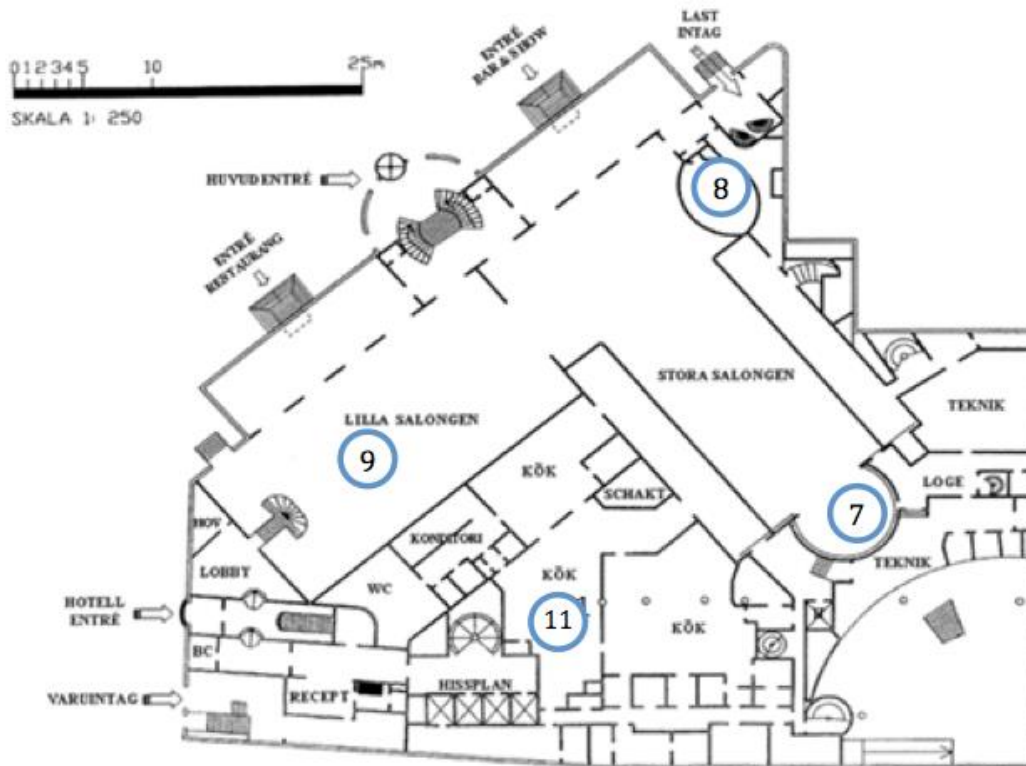
Konsekvens: Låg

### *Scenario 11 - Köket*

I ett kök finns det många potentiella tändkällor och bedömningen är att risken för att en brand skulle utbryta i ett kök är hög. Risken för brandspridning är låg eftersom mängden brännbart material är liten. Det rör sig endast personal med god lokalkännedom i lokalerna och utrymmena är sprinklade.

Sannolikhet: Mycket hög

Konsekvens: Låg



Figur 4.6. Brandscenariernas placering på entréplan.

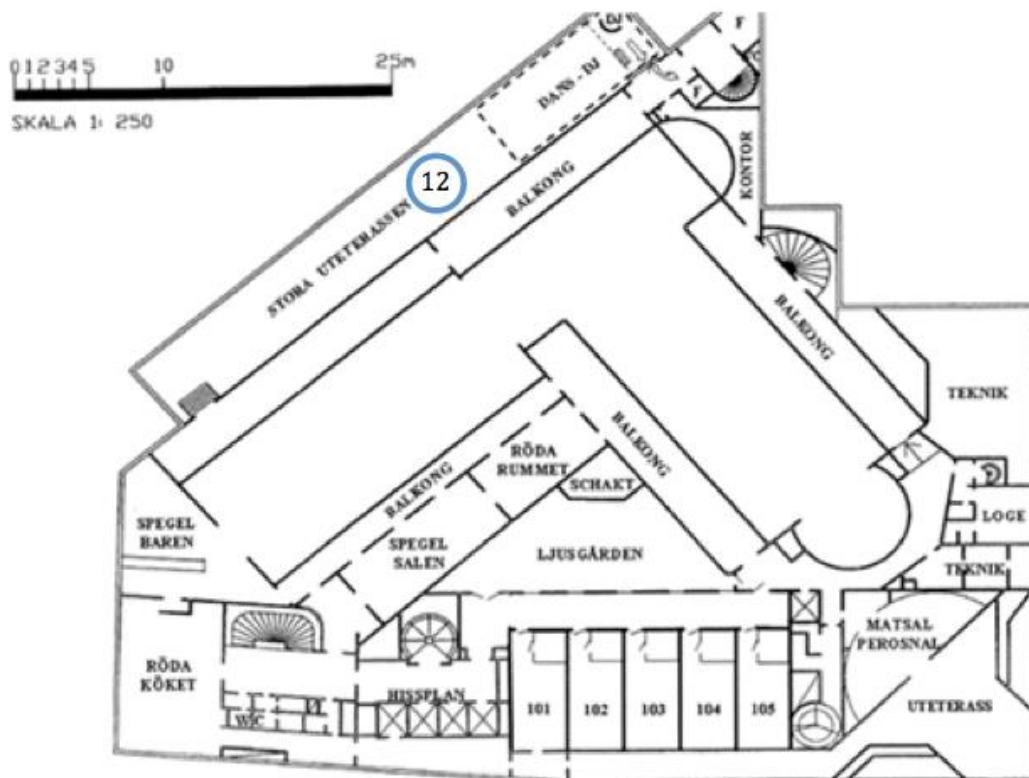
#### *Scenario 12 - Stora Uteterrassen*

På Stora Uteterrassen finns det öppningar ut till det fria vilket gör att brandgaser från en eventuell brand troligvis inte kommer att ansamlas. Persontätheten på terrassen bedöms vara hög under nattklubbens öppettider men samtidigt är mängden brännbart material begränsad till baren och ett antal bord.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Mycket låg





Figur 4.7. Brandsceneriernas placering på plan 1.

#### *Scenario 13 - Elektronik på balkong*

På balkongerna i Stora Salongen finns det mycket elektronik, bland annat i form av strålkastare och högtalare. Vid kortslutning eller andra elfel skulle en brand kunna bryta ut i omgivande material. Under nattklubbens öppettider är persontätheten i Stora Salongen hög, men på balkongerna uppehåller sig däremot endast ett fåtal besökare. Den primära utrymningsvägen, huvudtrappan, skulle inte blockeras av branden och på grund av takhöjden i salongen skulle det ta tid för brandgaslagret att nå en kritisk nivå. Bedömningen är att sannolikheten för elfel är hög och därför sätts sannolikheten för detta scenario till hög.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Låg

#### *Scenario 14 - Angränsande utrymmen*

Till de angränsande utrymmena räknas de lokaler som har någon slags förbindelse med salongerna, garderoben eller Galleriet, antingen via dörrar och gångar eller via ventilationen. De ur brandsynpunkt mest intressanta rummen är exempelvis loger, teknikutrymmen och förråd. Besökarna har inte tillgång till dessa utrymmen men brandbelastningen är relativt hög. Sannolikheten att en brand skulle utbryta i någon av dessa lokaler bedöms medelhög. Att brandgaser sprider sig till de publika delarna är minimal eftersom de flesta utrymmena är sprinklade och förses med ventilation från separata aggregat. Därför bedöms konsekvensen för detta scenario vara låg.

Sannolikhet: Medel

Konsekvens: Låg

#### 4.2.1 Riskmatris

Här följer en sammanställning av scenarierna i en riskmatris där de är rangordnade efter sannolikhet och konsekvens.

Sannolikhet

|            |            |     |       |     |            |
|------------|------------|-----|-------|-----|------------|
| Mycket Hög | 11         |     |       |     |            |
| Hög        | 13         | 7   | 8     | 1   |            |
| Medel      | 14         | 9   | 2     | 4   |            |
| Låg        | 12         | 10  | 3, 5  |     |            |
| Mycket Låg | 6          |     |       |     |            |
|            | Mycket Låg | Låg | Medel | Hög | Mycket Hög |

Konsekvens

Figur 4.8 Riskmatris där sammanvägningen av sannolikhet och konsekvens kan utläsas för respektive brandscenario.

Tabell 4.1. Sammanställning av brandscenarierna.

| Scenario                   | Beteckning | Sannolikhet | Konsekvens |
|----------------------------|------------|-------------|------------|
| Garderoben                 | 1          | Hög         | Mycket hög |
| Möblerna vid garderoben    | 2          | Medel       | Hög        |
| Förråd                     | 3          | Låg         | Medel      |
| Frigolitfiguren            | 4          | Medel       | Mycket hög |
| Ljudabsorption i Galleriet | 5          | Låg         | Medel      |
| Gardiner                   | 6          | Mycket låg  | Låg        |
| Stora Scenen               | 7          | Hög         | Medel      |
| Lilla Scenen               | 8          | Hög         | Hög        |
| Möblemang i Lilla Salongen | 9          | Medel       | Medel      |
| Bar                        | 10         | Låg         | Låg        |
| Köket                      | 11         | Mycket hög  | Låg        |
| Stora Uteterrassen         | 12         | Låg         | Mycket låg |
| Elektronik på balkong      | 13         | Hög         | Låg        |
| Angränsande utrymmen       | 14         | Medel       | Låg        |

#### 4.2.2 Utvalda brandscenarier

Nedan följer de utvalda brandscenarier som utreds ytterligare. Valet av brandscenarier har gjorts med utgång från riskmatrisen, Figur 4.8. De scenarier som väljs för vidare analys är följande:

- Scenario 1 - Garderoben
- Scenario 4 - Frigolitfigur
- Scenario 8 - Lilla Scenen

De tre scenarier som är listade ovan utgör de värsta troliga scenarierna och är valda för att de täcker in de övriga scenarier som kan tänkas förekomma. Detta innebär att om personsäkerheten anses acceptabel för de tre utvalda scenarierna, bedöms att detta även kommer att gälla för de övriga scenarierna som inte analyseras närmare.

För källarplan väljs scenario 1 och scenario 4 för att representera tänkbara brandscenarier. Scenario 1 - Garderoben, väljs ut eftersom detta scenario innebär en hög brandbelastning, en snabb tillväxt och en sotproduktion som kommer att försvåra utrymning. Scenario 1 kommer att täcka in scenario 2, 3 och 6 eftersom en brand i garderoben innebär en högre brandbelastning och ett hastigare brandförlopp. På så sätt kommer det finnas förutsättningar för branden att utvecklas snabbare och fortlöpa under en längre tid. Dessutom är inte jackorna som besökarna hänger in i garderoben brandskyddsklassade vilket gör att dessa skulle kunna förbrännas med en högre hastighet än den inredning som förekommer i garderobsavdelningen.

Scenario 4 - Frigolitfigur, väljs ut eftersom den är placerad i anslutningen mellan Galleriet och garderobsavdelningen vilket gör att utrymningssituationen kommer att förvärras vid en eventuell brand. Utrymningssituationen kommer att påverkas dels av sotproduktionen, som dämpar sikten, och dels av placeringen av frigolitfiguren eftersom denna är placerad vid den naturliga utrymningsvägen från Galleriet till garderobavdelningen. Scenario 4 - Frigolitfigur, täcker in scenario 5 eftersom ljudabsorptionen är brandklassad och ger ifrån sig begränsat med sotpartiklar. Dessutom består frigolitfiguren av en större mängd material och placeringen av frigolitfiguren försvårar utrymningen, vilket gör att scenario 4 väljs ut att analyseras ytterligare.

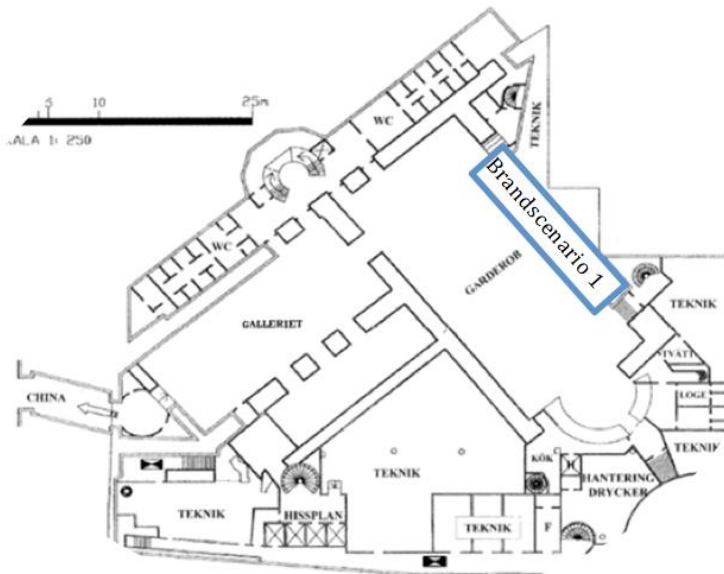
För entréplan väljs scenario 8 - Lilla Scenen, som representativt scenario. Anledningen till att detta scenario väljs ut är den brandbelastning som kan tänkas förekomma på Lilla Scenen och att utrymningssituationen kommer att påverkas negativt eftersom Lilla Scenen befinner sig i nära anslutning till huvudentrén. Eftersom exempelvis möblerna i Lilla Salongen är brandskyddsklassade bedöms dessa förbrännas med en lägre tillväxthastighet än den utrustning och rekvisita som kan förekomma på Lilla Scenen. Med anledningen att det maximala personantalet i Stora Salongen är högre i jämförelse med Lilla salongen så innebär detta att det kommer ta längre tid att utrymma Stora Salongen. Detta innebär således att risken är större att personerna i Stora Salongen ska utsättas för kritiska förhållanden. Med hänsyn till utrymningssituationen och den relativt snabba effektutveckling som kan tänkas förekomma vid Lilla Scenen väljs detta Scenario 8 - Lilla Scenen, ut för att representera brandscenario 7, 9, 10, 11, 12 och 13.

Brandscenario 14, angränsade utrymmen, tas inte med i de utvalda brandscenarierna eftersom de olika utrymmena i lokalerna förses med till- och frånluft från separata ventilationsaggregat. På grund av detta kommer det inte ske någon spridning av brandgaser via ventilationssystemet. De angränsande rummen står inte i direkt kontakt med de publika lokalerna i byggnaden vilket gör att brandgasspridning till följd av öppna dörrar kommer att ske i mycket begränsad utsträckning.

Dessutom är hela byggnaden sprinklad vilket gör att en eventuell brand i ett utav de angränsande utrymmena kommer att begränsas vid sprinkleraktivering.

## 5 Scenario 1 - Garderoben

I detta avsnitt görs en mer ingående utredning av en brand i garderobsavdelningen på källarplan. I Figur 5.1 nedan ses placeringen av garderoben markerad i planritningen över källarplan.



Figur 5.1. Garderobens placering på källarplan.

### 5.1 Dimensionerande brand

Detta scenario innebär att garderoben till nattklubben på Berns börjar brinna. Eftersom hela nattklubben kan ta emot ett maximalt personantal på 1700 personer antas att garderoben har en kapacitet för 1700 jackor, vilket innebär en stor brandbelastning som skulle brinna med en hög effektutveckling. Effektutvecklingen kommer dock att begränsas, antingen genom att sprinkler aktiveras eller genom att branden blir ventilationskontrollerad, se *Bilaga A: Handberäkningar*.

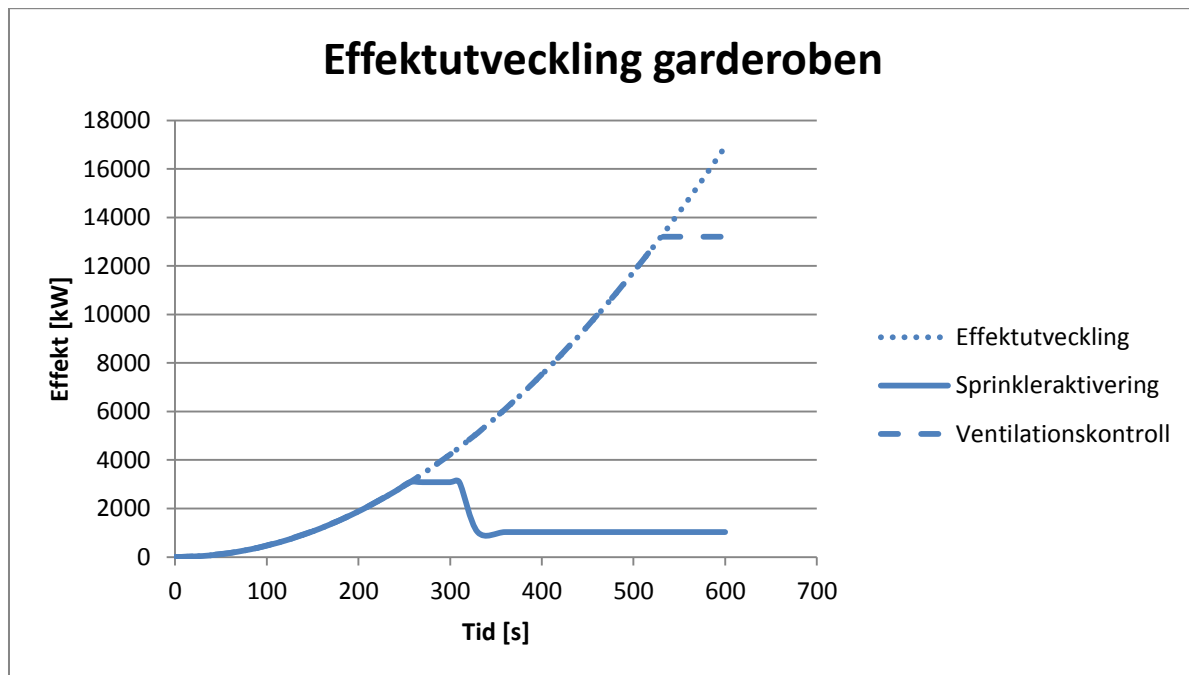
Eventuella tändkällor kan till exempel vara ett elfel eller att en värmekälla täcks och antänder en jacka.

#### 5.1.1 Effektutveckling

Det värsta troliga scenariot är att branden efter antändning skulle sprida sig till alla jackor, men eftersom lokalen i fråga är sprinklad kommer branden troligtvis begränsas. Den högsta effektutvecklingen kommer med andra ord vara där sprinkleraktivering sker eller när branden blir ventilationskontrollerad.

För att representera ett troligt förlopp vid en garderobsbrand används tillväxthastigheten *fast* ( $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ ) (Abrahamsson, 1997) och med hjälp av Detact-T2 beräknas aktiveringstiden till cirka 4,30 min, se *Bilaga F: In-och utdata för Detact-T2*. Detta ger en maximal effektutveckling på cirka 3,1 MW, se *Bilaga F: In-och utdata för Detact-T2*. Efter sprinkleraktivering är effektutvecklingen konstant i ungefär en minut för att sedan minska till en tredjedel (Staffansson, 2010). Om sprinklersystemet fallerar kommer branden bli ventilationskontrollerad. Beräkningar visar att branden i detta fall skulle nå en effekt på 13,2 MW, se *Bilaga A: Handberäkningar*. Konsekvensen av fallerande system diskuteras vidare senare i rapporten, under *känslighetsanalys*.

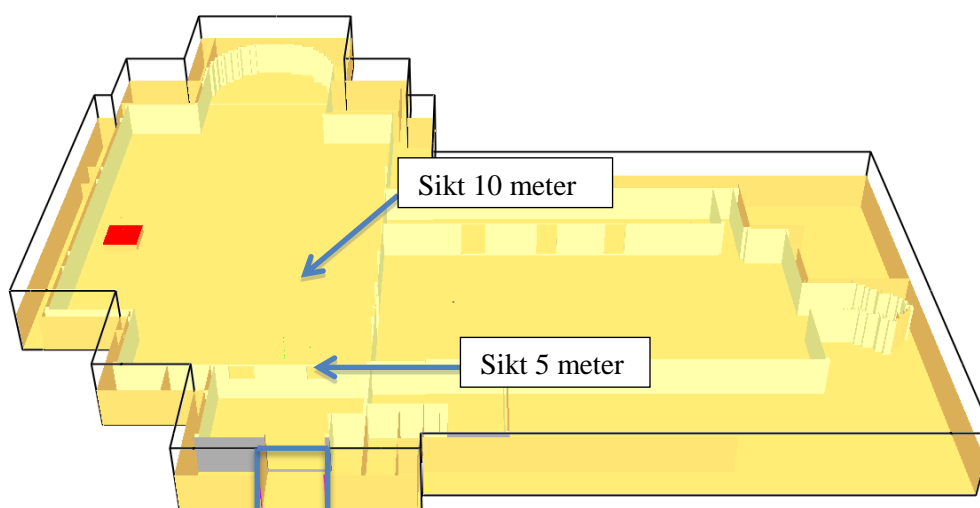
I Figur 5.2 redovisas hur effektutvecklingskurvan ser ut, dels vid sprinkleraktivering och när ventilationskontroll sker.



Figur 5.2. Effektutveckling för brandscenario 1 – Garderoben.

### 5.1.2 Tid till kritiska förhållanden

Nedan följer tid till kritiska förhållanden för den sprinklade garderobsbranden. Tiderna är framtagna från den simulering som görs i FDS, se *Bilaga L: Indata FDS*, för detta brandscenario och tid till kritisk strålning är framräknad och finns redovisad i *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*. I Figur 5.3 visas geometrin som används i FDS för att simulera garderobsbranden. Rummet till höger i figuren är Galleriet och till vänster ses garderobsavdelningen. För alla simuleringar som rör garderobsavdelningen är *tid till kritisk sikt 5 meter* utläst vid utgångarna mot huvudentrén eftersom det sker köbildning vid denna plats. *Tid till kritisk sikt 10 meter* tas fram genom att undersöka sikten inne i garderobsavdelningen i höjd med passagen till Galleriet, se Figur 5.3. För detta scenario används i praktiken endast *tid till kritisk sikt 5 m*, eftersom simuleringar i Simulex visar att köbildning snabbt uppstår i lokalerna. Brandgaslagrets höjd läses av vid höjden 1,9 meter enligt Tabell 1.1 i avsnitt 1.5 *Skyddsmål*. På denna höjd avläses även sikt och temperaturförhållandena, eftersom det bedöms att besökare påverkas av dessa vid höjden 1,9 meter. Vid utredning av den kritiska strålningen görs handberäkningar av strålningen från brandgaslagret och från flamman. En sammanvägning görs sedan av dessa två för att undersöka om kritiska förhållanden uppstår, se *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning* för utförligare resonemang.



Figur 5.3. Uppbyggnad av brandscenario 1 i FDS. Den ifyllda kvadraten till vänster i bild visar garderobsbrandens placering och längst ned i bild, markerad med en kvadrat, finns den öppning som motsvarar tilluftsflödet via trappan. Pilarna visar vart de olika tiderna för kritisk sikt läses av med hjälp av *slicefiles*.

I tabellen nedan visas de tider till kritiska förhållanden som erhålls via simuleringar i FDS, samt handberäkningar.

Tabell 5.1. Tid till kritiska förhållanden för scenario 1 – Garderoben.

| Maxeffekt (MW) | 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 1.9 m [s] | 2.1 Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 2.2. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 3. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 4. Tid till kritisk värmestrålning, [s] | 5. Tid till kritisk toxicitetsnivå (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ), [s] |
|----------------|--|--|--|--|---|---|
| 3,1            | 110  | <b>150</b>                               | 130  | 280                                      | >kritisk tid <sup>2</sup>               | >sim.tid <sup>3</sup>   |

Enligt BBRAD ska *tid till kritisk siktbarhet 5 meter* användas när köbildning inträffar. I detta scenario bedöms, genom utrymningssimuleringar i Simulex, köbildning uppstå relativt snabbt. Därför används inte *tid till kritisk sikt 10 m* utan endast *tid till kritisk sikt 5 m* används som sikt-kriteriet. Kritiska förhållanden inträffar i detta scenario när både brandgaslagret och sikten understiger 5 m, vilket innebär att den kritiska tiden sätts till 150 sekunder.

bortses från kriteriet *tid till kritisk siktbarhet 10 meter* eftersom en bedömning görs att det relativt snabbt uppstår köbildning i lokalen på grund av det höga personantalet. Detta gäller även fortsättningsvis när *tid till kritiska förhållanden* tas fram för detta brandscenario.

### 5.1.3 Varseblivningstid

Detektion via rökdetektorer för detta brandscenario är cirka 40 sekunder, enligt FDS. Denna tid för aktivering antas vara den maximala tiden för varseblivning. BBRAD rekommenderar ett minsta värde på 30 sekunder. Denna tid motsvarar varseblivningstiden för en person som ser branden.

Varseblivningstiden sätts därför upp som en uniform fördelning mellan 30 och 40 sekunder i @risk.

<sup>2</sup> >kritisk tid innebär att om tid till kritisk strålning uppstår så sker detta efter de övriga kriterierna, för beräkningar se *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*.

<sup>3</sup> >sim.tid innebär att kritiska förhållanden inte uppstår inom simuleringstiden, vilken i samtliga simuleringar minst motsvarar den tid det tar att utrymma lokalen.

Fördelningen sätts till uniform för att det antas att besökarna i olika utsträckning kommer att notera branden genom till exempel lukt och visuell uppfattning innan detektoraktivering sker.

Fördelning: Uniform(30;40)

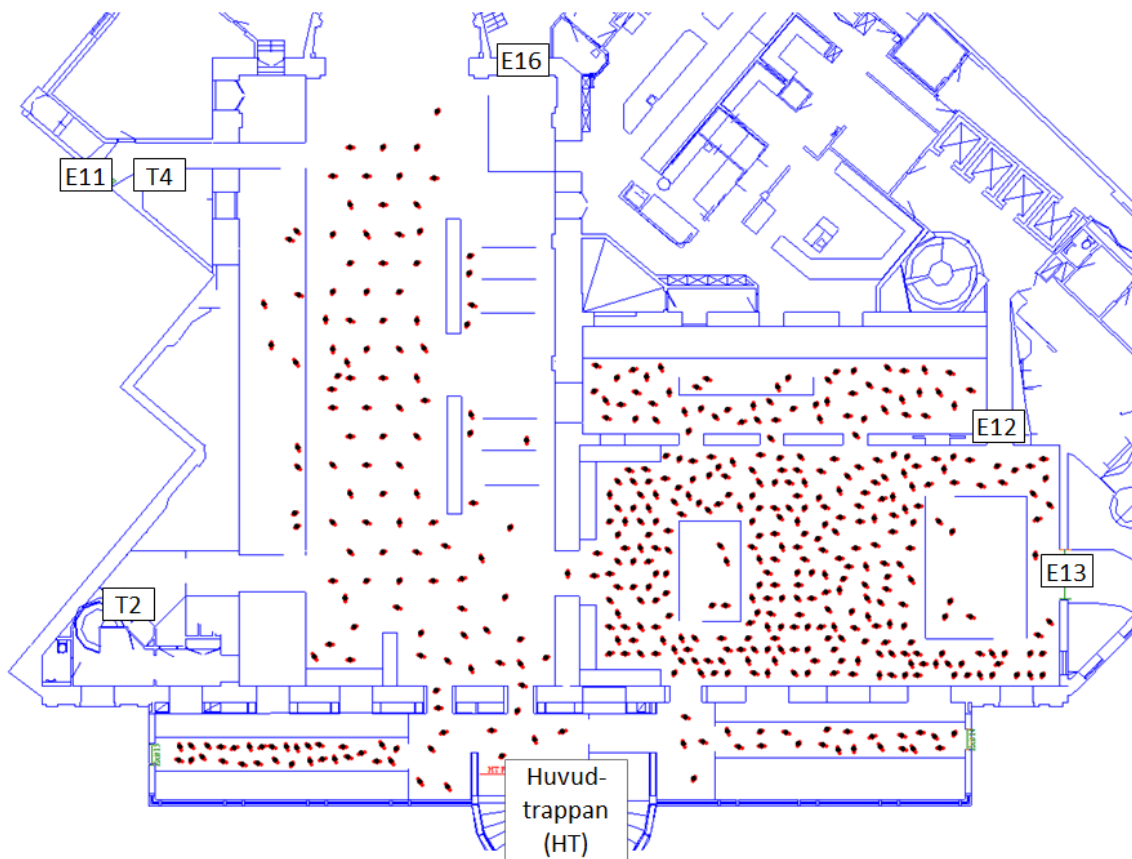
#### 5.1.4 Förberedelsetid

Förberedelsetiden tas fram med stöd från rapporten *Utrymning av nattklubb – Resultat från två fullskaleförsök* (Nasr & Wall, 2012). Denna rapport kommer fram till att förberedelsetiden för de båda klubbarna som ingick i försöken uppgick till mellan 20 och 90 sekunder för merparten av besökarna. 50 sekunder väljs som representativ tid och 20 respektive 90 sekunder som lägsta respektive högsta värde. 50 sekunder valdes eftersom en stor del av besökarna i fullskaleförsöket då påbörjat sin förflyttning (Nasr & Wall, 2012). Eftersom denna rapport bygger på två fullskaliga försök i nattklubbsmiljö bedöms dessa värden vara representativa för Berns. Triangelfördelning bedöms lämplig då den bygger på tre värden, det lägsta troliga, mest representativa och det högsta troliga. Förklaring av valet av triangelfördelning görs i *Bilaga K: Utrymningsteori*.

Fördelning Triang(20;50;90)

#### 5.1.5 Förflyttningstid

Nedan redovisas de olika simuleringarna i Simulex med avseende på förflyttningstiden för scenario 1 – Garderoben. För varje simulering finns angett i tabeller vilka utrymningsvägar som besökarna på källarplanet väljer.



Figur 5.4. Översiktlig ritning i Simulex över källarplanet på Berns. Samtliga utrymningsvägar i lokalerna är markerade med E och trapporna är markerade med T.



I tabellen nedan visas personantal och val av utrymningsvägar för respektive utrymningsmodell som görs i Simulex. Två olika personantal på källarplan testas i Simulex, totalt 490 och 650 personer, och personernas val av utrymningsvägar varierar för de olika simuleringarna.

Tabell 5.2. Redogörelse för flyttningstider för de olika simuleringarna i Simulex.

| Personantal<br>Garderobsavdelningen: 300 st<br>Galleriet: 350 st | Personantal<br>Garderobsavdelningen: 140 st<br>Galleriet: 350 st | Utrymningsväg   |
|--|--|---|
| Simulering #1.1.A  | Simulering #1.1.B  | Alla tar närmaste tillgängliga utrymningsväg  |
| Simulering #1.2.A  | Simulering #1.2.B  | Val av utrymningsväg definieras, huvudtrappan används i större utsträckning           |
| Simulering #1.3.A  | Simulering #1.3.B  | Endast huvudtrappan är tillgänglig  |
| Simulering #1.4.A  | Simulering #1.4.B  | Endast huvudtrappan är tillgänglig <sup>4</sup>                                       |
| Simulering #1.5.A  | Simulering #1.5.B  | Huvudtrappan är blockerad. Besökarna väljer närmaste tillgängliga utrymningsväg       |
| Simulering #1.6.A  | Simulering #1.6.B  | E11, E16, T2 och T4 blockeras för att motsvara scenariot då det brinner i garderoben. |

<sup>4</sup> Förändringen mellan denna rad och den ovan är att det för dessa två simuleringar har lagts till att även besökare från entréplanet kommer att använda huvudtrappan för utrymning.

Nedan följer förflyttningstiderna sammanfattade för brandscenario 1 – Garderoben.

**Tabell 5.3. Förflyttningstider för Brandscenario 1 – Garderoben. Förflyttningstiden redovisas i minuter och sekunder samt enbart i sekunder.**

| Simulering                                  | Antal personer<br>(Galleriet/Garderoben) | Garderobsavd. utrymd<br>[min, s] | Garderobsavd.<br>utrymd [s] |
|---|--|----------------------------------|-----------------------------|
| #1.1.A närmaste                             | 350/300                                  | 2,50                             | 170                         |
| #1.2.A definiering                          | 350/300                                  | 4,30                             | 270                         |
| #1.3.A endast HT<br>tillgänglig             | 350/300                                  | 8,00                             | 480                         |
| #1.4.A endast HT<br>tillgänglig             | 350/300                                  | 8,20                             | 500                         |
| #1.5.A HT<br>blockerad                      | 350/300                                  | 3,20                             | 200                         |
| #1.6.A E11, E16,<br>T2 och T4<br>blockerade | 350/300                                  | 4,00                             | 240                         |
| #1.1.B närmaste                             | 350/140                                  | 1,00                             | 60                          |
| #1.2.B fördelning                           | 350/140                                  | 2,50                             | 170                         |
| #1.3.B endast HT<br>tillgänglig             | 350/140                                  | 4,20                             | 260                         |
| #1.4.B endast HT<br>tillgänglig             | 350/140                                  | 4,30                             | 270                         |
| #1.5.B HT<br>blockerad                      | 350/140                                  | 1,40                             | 100                         |
| #1.6.B E11, E16,<br>T2 och T4<br>blockerade | 350/140                                  | 3,00                             | 180                         |

Tre värden tas från tabellen ovan för att bilda en triangelfördelning. Som lägsta troliga värde väljs simulering #1.1.B eftersom det bedöms vara mer troligt att det befinner sig 140 personer i garderobsavdelningen istället för 300 personer, eftersom besökare troligtvis inte uppehåller sig i garderoben under längre perioder utan huvudsakligen när de ska hänga in eller hämta ut kläder. Som representativt värde i triangelfördelningen väljs förflyttningstiden från simulering #1.2.B där det görs en fördelning av valda utrymningsvägar som motsvarar en verklig utrymningsituation där de flesta söker sig till huvudtrappan. Som högsta troliga värde väljs simulering #1.4.B som representerar att samtliga besökare väljer huvudtrappan som utrymningsväg. Anledningen till att inte simulering #1.3.A eller simulering #1.4.A väljs som högsta värde är att dessa förflyttningstider anses höga och att sannolikheten att det befinner sig 300 besökare i garderobsavdelningen bedöms som låg.

Fördelning: Triang(60;170;270)

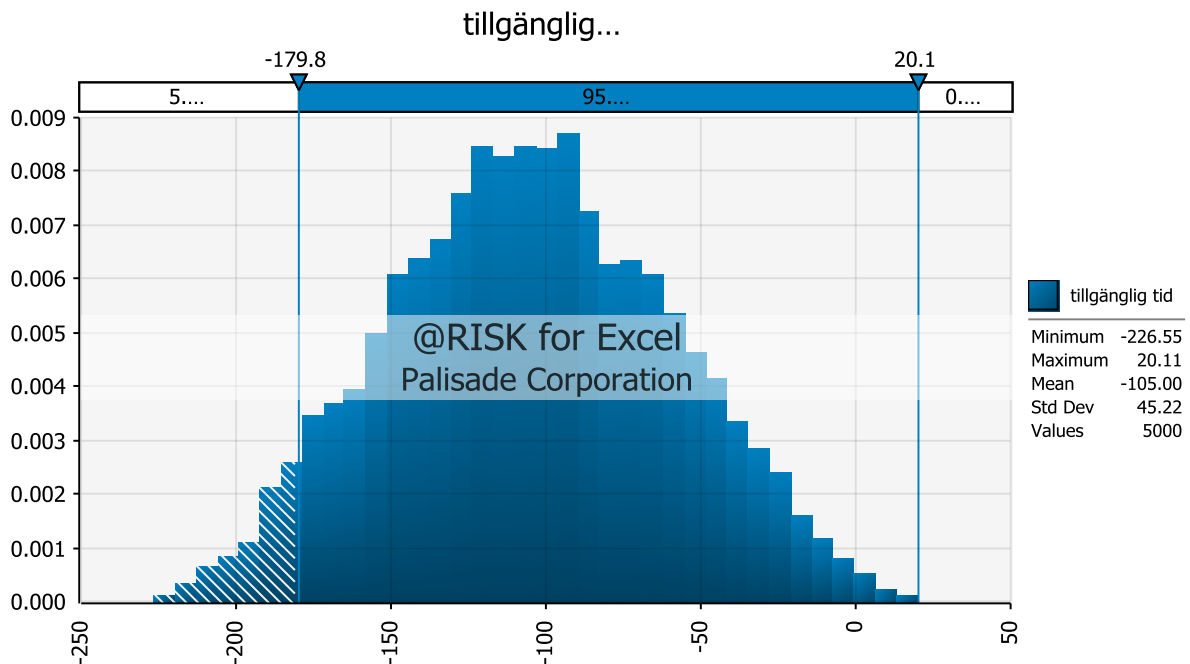
### 5.1.6 Säkerhetsmarginal

Nedan följer en redovisning av säkerhetsmarginalen brandscenario 1 - Garderoben. Monte Carlo-simuleringarna görs med 5000 itereringar i programmet @risk. I Tabell 5.4 nedan redovisas de fördelningar som används i @risk.

Tabell 5.4. De fördelningar som sätts in i @risk för brandscenario 1 – Garderoben.

| Varseblivningstid [s] | Förberedelsestid [s] | Förflyttningstid [s] | Tid till kritiska förhållanden [s] |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|
| Uniform(30;40)        | Triang(20;50;90)     | Triang(60;170;270)   | 150                                |

I figuren nedan ses resultatet från simuleringen som görs med fördelningarna i Tabell 5.4.



Figur 5.5. Redovisning av säkerhetsmarginalen vid utrymning för brandscenario 1 – Garderoben.

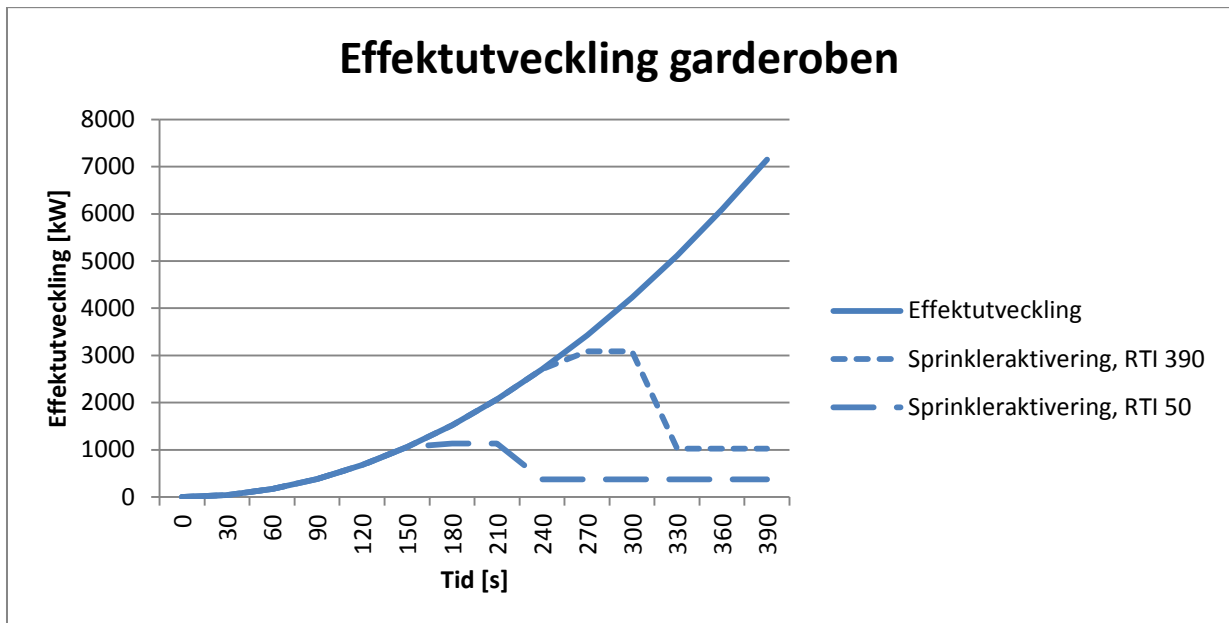
Figur 5.5 visar att säkerhetsmarginalen för brandscenario 1 är negativ. Detta innebär att den tillgängliga tiden inte är tillräcklig för att personerna i lokalen ska kunna sätta sig i säkerhet. Således är personsäkerheten inte tillgodosedd för detta scenario varför åtgärdsförslag läggs fram.

## 5.2 Åtgärder

Nedan följer de åtgärder som föreslås för att tillgodose personsäkerheten för brandscenario 1 – Garderoben.

### 5.2.1 Lägre RTI

Denna åtgärd innebär att de befintliga sprinklerhuvudena i garderobsavdelningen med ett RTI på  $390 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$  byts ut mot sprinkler med ett RTI på  $50 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$ . Detta innebär att det kommer att ske sprinkleraktivering i ett tidigare skede av brandförloppet vilket gör att brandens effektutveckling kommer att reduceras. I figuren nedan redovisas hur effektutvecklingen ser ut då sprinkler med ovan nämnda RTI aktiverar.



Figur 5.6 Effektutveckling brandscenario 1 – Garderoben. Med ett RTI på 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup>

I tabellen nedan redovisas tid till kritiska förhållanden då sprinkler med RTI 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup> installerats. Dessa tider är tagna från de FDS-simuleringar som gjorts för denna åtgärd. Strålningsberäkningarna som görs för att ta fram tid till kritisk strålning finns redovisade i *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*.

Tabell 5.5 Tid till kritiska förhållanden då sprinkler har installerats med RTI 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup>

| 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 1.9 m [s] | 2.1 Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 2.2. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 3. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 4. Tid till kritisk värmestrålning [s] | 5. Tid till kritisk toxicitetsnivå (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ), [s] |
|--|--|--|--|--|---|
| 110  | <b>150</b>                               | 130  | >sim.tid <sup>5</sup>                    | >kritisk tid <sup>6</sup>              | >sim.tid  |

För att få fram tid till kritiska förhållanden används *tid till kritisk nivå på brandgaslager* samt *tid till kritisk siktbarhet 5 meter*. Kombinationen av dessa två kriterier innebär att brandgaslagret nått en kritisk nivå samtidigt som sikten i detta brandgaslager är kritiskt. Tid till kritiska förhållanden blir då 150 sekunder för denna simulering eftersom det är vid denna tid som brandgaslagret nått en kritisk siktbarhet på 5 meter.

Tabellen ovan visar att ett lägre RTI-värde inte kommer att påverka tid till kritiska förhållanden i jämförelse med när det inte skett något byte av sprinklerhuvudena, jämför Tabell 5.1 och Tabell 5.5. Detta beror på att sikten och brandgaslagret når en kritisk nivå innan sprinkleraktivering sker. Dock innebär ett lägre RTI-värde att temperaturen påverkas positivt. På grund av dess positiva inverkan på

<sup>5</sup> >sim.tid innebär att kritiska förhållanden inte uppstår inom simuleringstiden, vilken i samtliga simuleringar minst motsvarar den tid det tar att utrymma lokalen.

<sup>6</sup> >kritisk tid innebär att om tid till kritisk strålning uppstår så sker detta efter de övriga kriterierna, för beräkningar se *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*

temperaturen samt att åtgärden bedöms vara relativt enkel att genomföra kombineras detta lägre RTI med kommande åtgärdsförslag.

Eftersom tiden till kritiska förhållanden inte påverkas med denna åtgärd kommer säkerhetsmarginalen att bli samma som för garderobsbranden utan åtgärder, se avsnitt 5.1.6 *Säkerhetsmarginal*.

Medelvärde förblir således cirka -110 sekunder, vilket innebär att andra åtgärder behöver vidtas.

### 5.2.2 Reducerat personantal

Antalet personer i lokalen är avgörande för hur snabbt besökarna kan utrymma lokalen. En åtgärd där en reduktion av personantalet görs, skulle minska förflyttningstiden och därmed även utrymningstiden. Nya simuleringar görs i Simulex med ett reducerat personantal, för att undersöka om utrymning sker innan kritiska förhållanden uppstår. Nedan redovisas de förflyttningstider som genereras vid reduktion av personantalet i Simulex. Totala personantalet på källarplan minskar i denna åtgärd till slumpmässigt valda 400 respektive 390 personer.

Tabell 5.6. Förflyttningstid då personantalet på källarplan reducerats.

| Simulering | Val av utrymningsväg för besökarna                  | Antal personer (Galleriet/Garderoben) | Garderobsavd. utrymd [min, s] | Garderobsavd. utrymd [s] |
|------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| <b>A</b>   | Besökarna tar närmaste utgång                       | 300/140                               | 1,00                          | 60                       |
| <b>B</b>   | Fördelning av en verklig utrymningssituation        | 300/140                               | 1,40                          | 100                      |
| <b>C</b>   | Endast huvudentrén som är tillgänglig vid utrymning | 300/140                               | 3,50                          | 230                      |
| <b>D</b>   | Besökarna tar närmaste utgång                       | 250/140                               | 1,00                          | 60                       |
| <b>E</b>   | Fördelning av en verklig utrymningssituation        | 250/140                               | 1,00                          | 60                       |
| <b>F</b>   | Endast huvudentrén som är tillgänglig vid utrymning | 250/140                               | 3,30                          | 210                      |

### 300 Galleriet, 140 garderobsavdelningen

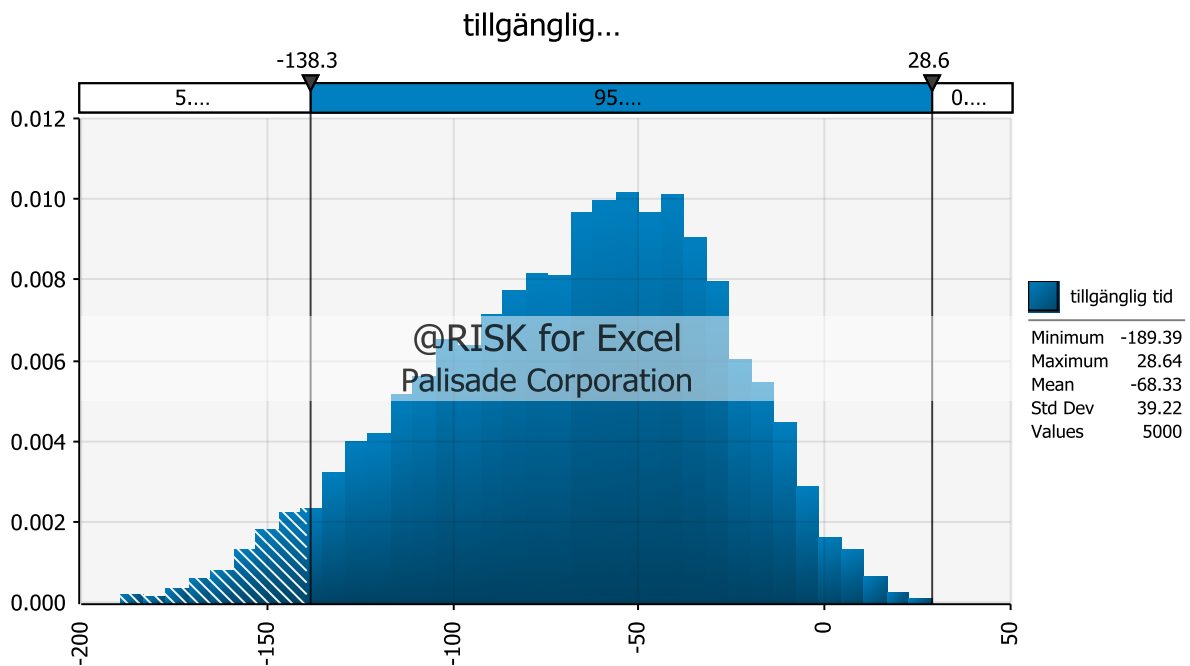
Förflyttningstiden för detta reducerade personantal beskrivs med en triangelfördelning där simulering B väljs som representativt värde. Värsta troliga värde tas från simulering C och det lägst troliga tas från simulering A. Dessa val av tider gör på motsvarande sätt som innan åtgärder tagits fram.

Fördelning: Triang(60;100;230)

I tabellen nedan presenteras de fördelningar som används för att få fram säkerhetsmarginalen i @risk. Tid till kritiska förhållanden är samma som innan åtgärdsförslag lagts fram.

Tabell 5.7. Fördelning av varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden då personantalet reducerats till 300 i Galleriet och 140 i garderobsavdelningen. Tiderna är i sekunder.

| Varseblivningstid | Förberedelsestid | Förflyttningstid   | Tid till kritiskt förhållande |
|-------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|
| Uniform(30;40)    | Triang(20;50;90) | Triang(60;100;230) | 150                           |



Figur 5.7. Säkerhetsmarginalen då personantalet reducerats till 300 i Galleriet och 140 i garderobsavdelningen.

### 250 Galleriet, 140 garderobsavdelningen

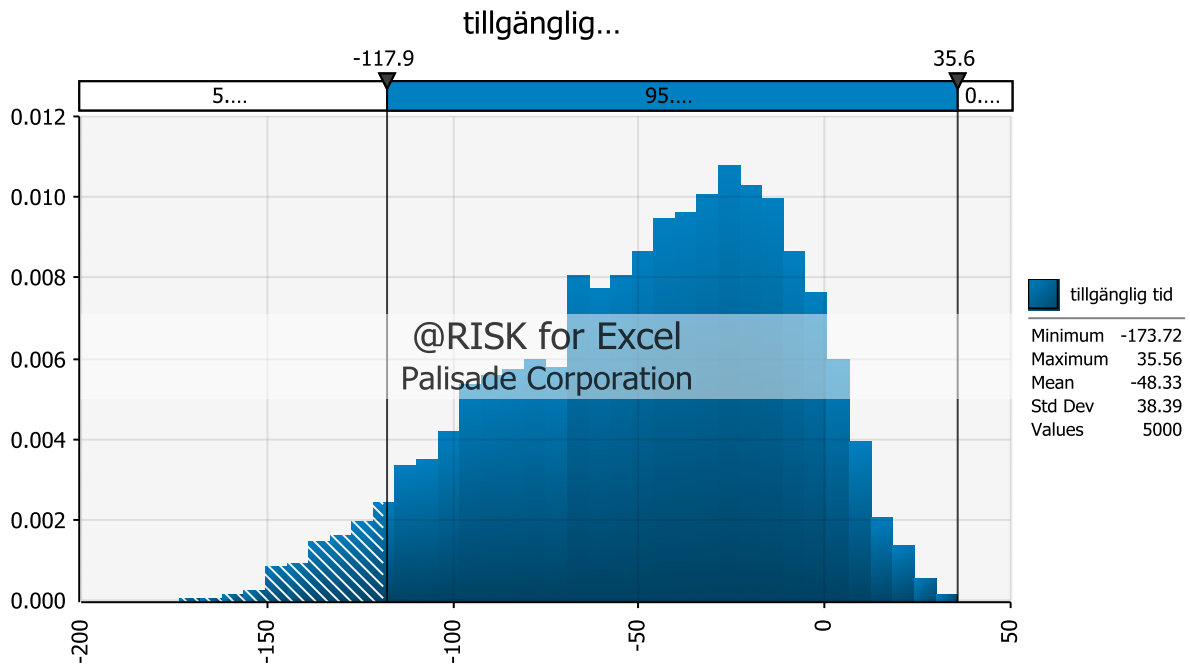
Förflyttningstiden för detta reducerade personantal beskrivs med en triangelfördelning där simulering E väljs som representativt värde. Värsta värde tas från simulering F och det bästa tas från simulering D. Dessa tider tas fram på motsvarande sätt som innan åtgärdsförslag tagits fram.

Triang(60;60;210)

I tabellen nedan presenteras de fördelningar som används för att få fram säkerhetsmarginalen i @risk. Tid till kritiska förhållanden är samma som innan åtgärdsförslag lagts fram.

Tabell 5.8. Fördelning av varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden då personantalet reducerats till 250 i Galleriet och 140 i garderobsavdelningen.

| Varseblivningstid | Förberedelsestid | Förflyttningstid  | Tid till kritiskt förhållande |
|-------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|
| Uniform(30;40)    | Triang(20;50;90) | Triang(60;60;210) | 150                           |



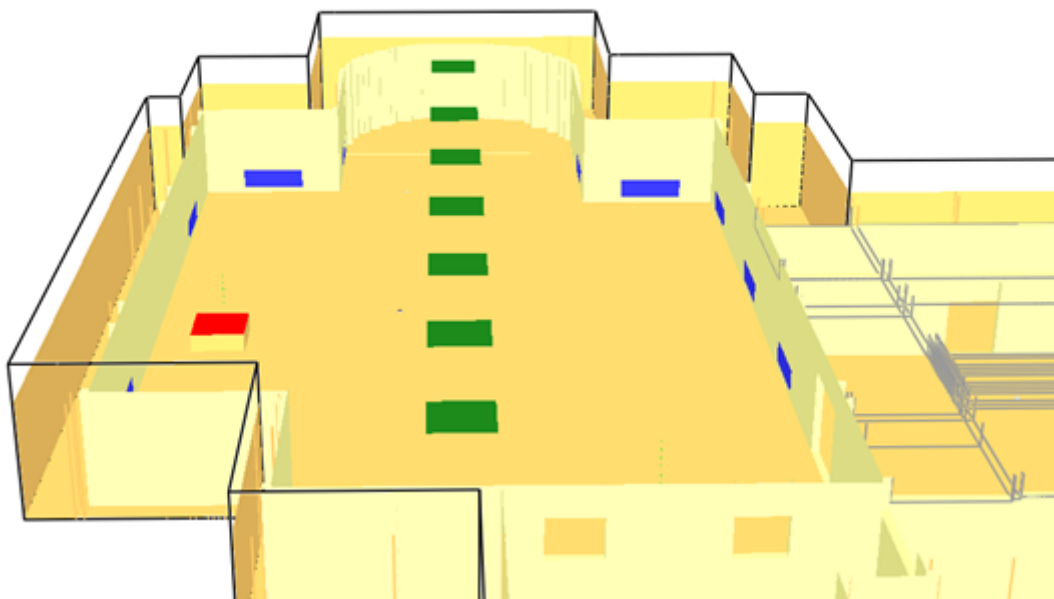
Figur 5.8. Säkerhetsmarginalen då personantalet har reducerats till 250 i Galleriet och 140 i garderobsavdelningen.

Som ses i Figur 5.7 och Figur 5.8 är säkerhetsmarginalen för de båda åtgärderna negativa. Detta innebär att ytterligare åtgärdsförslag läggs fram. Utredning av lägre personantal görs inte eftersom det inte bedöms önskvärt ur ekonomisk synpunkt att minska antalet besökare ytterligare.

### 5.2.3 Brandgasfläktar samt lägre RTI

Denna åtgärd innebär att det installeras brandgasfläktar som transporterar ut brandgaserna från lokalen samt att sprinklerhuvudena byts ut till bulber med RTI  $50 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$ . Brandgasfläkten ska kopplas in i det befintliga ventilationssystemet och ska vid detektion öka ventilationsflödet i brandrummet. För att undvika undertryck i lokalen och höga lufthastigheter genom de öppna dörrarna, behöver även tilluftsflödet i brandrummet ökas till uppskattningsvis 80 procent av frånluftsflödet. Dessutom måste fläkten vara klassad för att klara av brandgasernas temperatur då den är i drift.

Tid till kritiska förhållanden utreds genom simuleringar i FDS och beräkningarna för tid till kritisk strålning finns redovisade i *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*.



Figur 5.9. I figuren visas uppbyggnaden i FDS för garderoben med mekanisk brandgasventilation som åtgärd. Tilluftsdonen är, som ses i figuren, placerade strax ovanför golvnivå.

Två simuleringar utförs, uppbyggda enligt Figur 5.9, med olika flöden på brandgasfläktarna,  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  och  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### *20 m<sup>3</sup>/s samt lägre RTI*

Nedan presenteras resultaten med ett flöde på brandgasfläkten på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tabell 5.9. I tabellen visas tider till kritisk nivå för de olika kriterierna. Brandgasfläktar med  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  har installerats och sprinklerna har  $\text{RTI } 50 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$ .

| 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 1.9 m [s] | 2.1 Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] <sup>7</sup> | 2.2. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] <sup>8</sup> | 3. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 4. Tid till kritisk värmestrålning, [s] | 5. Tid till kritisk toxicitetsnivå (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ), [s] |
|--|---|---|--|---|---|
| <b>Ej tydligt brandgaslager</b>                      | >sim.tid <sup>9</sup>                                 | <b>160</b>  | >sim.tid                                 | >sim.tid                                | >sim.tid  |

På motsvarande sätt som i tidigare i simuleringar är det inte *tid till kritisk siktbarhet 10 meter* som används för att ta fram tid till kritiska förhållanden, utan kriteriet *tid till kritisk siktbarhet 5 meter* används. Detta eftersom det bedöms att det sker köbildning relativt snabbt i lokalerna. Detta finns beskrivet ytterligare på sidan 27.

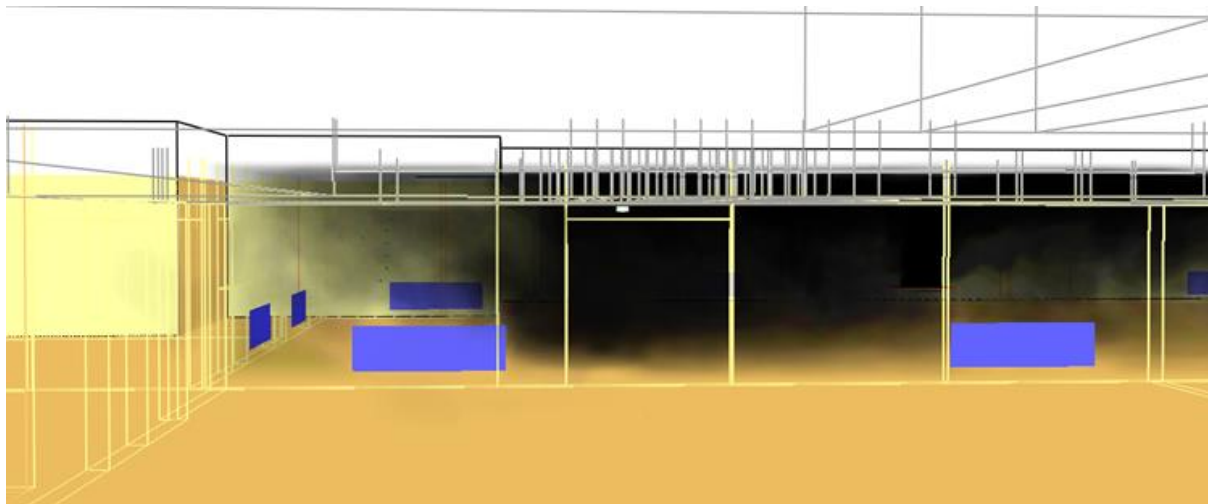
<sup>7</sup> Denna tid är tagen vid dörrarna som leder ut mot huvudentrén eftersom köbildning främst uppstår där.

<sup>8</sup> Värdet är taget i höjd med dörren in till Galleriet eftersom det i simuleringarna inte bildas någon kö i denna del av lokalen.

<sup>9</sup> >sim.tid innebär att kritiska förhållanden inte uppstår inom simuleringstiden, vilken i samtliga simuleringar minst motsvarar den tid det tar att utrymma lokalen.



Tabell 5.9 visar att installation av en brandgasfläkt, med kapaciteten 20 m<sup>3</sup>/s, skulle förbättra utrymningsituationen påtagligt på flera olika punkter. Det råder dock osäkerheter kring när kritiska siktförhållanden uppstår i simuleringen av denna åtgärd. Detta beror på att den mekaniska brandgasventilationen inte lyckas stabilisera ett brandgaslager, utan viss turbulens förekommer. Detta förklarar kommentaren i kolumn 1 i Tabell 5.9 ovan. Det görs en bedömning att kritiska siktförhållanden inte uppstår, men turbulensen som förekommer i lokalen förbinder resultatet med en hög osäkerhet. På grund av den osäkerhet som råder kring kritiska förhållanden och att brandgasventilationen inte tycks fungera optimalt, görs en ny simulering med ett högre ventilationsflöde. I Figur 5.10 nedan visas en bild över den omblandning av brandgaserna som sker i FDS-simuleringen.



Figur 5.10. Bild över den omblandning som sker i FDS-simuleringen.

### 35 m<sup>3</sup>/s samt lägre RTI

Nedan presenteras resultaten med ett flöde på brandgasfläkten på 35 m<sup>3</sup>/s. Simuleringen utförs på motsvarande sätt som för åtgärden på 20 m<sup>3</sup>/s, men med ett högre till- och frånluftsflöde. Tiderna för kritiska förhållanden tas fram från simuleringen i FDS som görs för denna åtgärd. Strålningsberäkningarna beräknas för hand och finns redovisade i *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*.

Tabell 5.10. I tabellen visas tider till kritisk nivå för de olika kriterierna. Brandgasfläktar med 35 m<sup>3</sup>/s har installerats och sprinklerna har RTI 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup>.

| 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 1.9 m [s] | 2.1 Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 2.2. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 3. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 4. Tid till kritisk värmestrålning, [s] | 5. Tid till kritisk toxicitetsnivå (O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ), [s] |
|--|--|--|--|---|---|
| >sim.tid <sup>10</sup>                               | >sim.tid                                 | >sim.tid                                   | >sim.tid                                 | >sim.tid                                | >sim.tid  |

Även vid simulering med detta flöde, på 35 m<sup>3</sup>/s, sker en viss omblandning av brandgaserna i brandrummet. Denna omblandning är inte lika påtaglig, jämfört med frånluftsflödet på 20 m<sup>3</sup>/s, dessutom sker omblandningen på en högre nivå vilket innebär att brandgaserna inte påverkar

<sup>10</sup> >sim.tid innebär att kritiska förhållanden inte uppstår inom simuleringstiden, vilken i samtliga simuleringar minst motsvarar den tid det tar att utrymma lokalen.

besökarna i samma utsträckning. Systemet fungerar inte optimalt eftersom omblandning sker, men är tillräckligt effektivt för att kritiska förhållanden inte ska uppkomma i garderoben. För att verifiera resultatet görs handberäkningar som styrker att brandgaslagret inte kommer att nå en kritisk nivå, se *Bilaga A: Handberäkningar*.

Tabell 5.10 visar att det inte uppstår kritiska förhållanden på källarplan om en brandgasfläkt med ett flöde på 35 m<sup>3</sup>/s installeras samt RTI för sprinklerna byts till 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup>. Säkerhetsmarginalen blir således positiv för dessa åtgärder.

En önskad effekt som skulle kunna uppstå är att brandgasventilationen efter aktivering drar ut så mycket brandgaser att sprinkleraktiveringen fördröjs. Denna problematik kan dock undvikas om systemen dimensioneras på rätt sätt. Det finns flera experiment som visar att en kombination mellan brandgasventilation och sprinkler fungerar väl. Varken tiden till sprinkleraktiveringen eller antalet aktiverade sprinkler påverkas trots en tidig aktivering av ventilationen samtidigt som siktförhållandena blir bättre eftersom brandgaserna ventileras ut. Kombinationen medför också att lösningen som helhet blir mindre känslig eftersom de två systemens aktivering är oberoende av varandra. Det betyder att om exempelvis sprinklersystemet fallerar så kan brandgasventilationen fortfarande förbättra förutsättningarna för utrymning. En faktor som spelar in för att kombinationen ska fungera på ett tillfredställande sätt är ventilationsdonens placering. Om branden är placerad precis under ett ventilationsdon kan sprinkleraktiveringen fördröjas på grund av att brandgaserna dras ut snabbt. Därför bör donen placeras där brandbelastningen i utrymmet är lägre, till exempel i gångar eller liknande. En annan åtgärd som kan förbättra kombinationen av de två systemen är montering av mindre rökskärmar som sänker hastigheten på brandgasspridningen och på så sätt påskyndar sprinkleraktiveringen. (Ingason & Arvidson, 2001)

#### 5.2.4 Breddning av utrymningsvägar alternativt utökning av antal utrymningsvägar

Åtgärdsförslaget innebär att ytterligare utrymningsvägar görs tillgängliga, alternativt att de befintliga breddas för att minska tiden för utrymning av lokalerna. Denna åtgärd bedöms svår att genomföra eftersom byggnaden är K-märkt, vilket innebär att inga ombyggnationer får göras utan särskilt godkännande från länsstyrelsen. På grund av detta utreds inte vilket resultat breddning av utrymningsvägar alternativt utökning av antalet skulle medföra.

#### 5.2.5 Brandcellsindelning

En möjlig åtgärd för garderobsbranden är att göra en brandcellsindelning. En indelning skulle exempelvis kunna göras i form av ett brandjalusi som fälls ned vid detektoraktivering. Jalusit bör vara utformat så att det står emot en brand under minst den tid som utrymning pågår. Avskärmningen skulle med fördel kunna göras vid den disk som fungerar som avgränsning mellan besökarna och det utrymme där jackorna förvaras. Bakom disken befinner sig endast personal, som förväntas känna till lokalen och dess utrymningsvägar väl. Jalusit skulle, vid en garderobsbrand, effektivt se till att besökarna inte utsätts för kritiska utrymningsförhållanden. Detta är dock en lokal åtgärd, vilket innebär att endast garderobsbranden skulle hindras, medan andra bränder på källarplan inte åtgärdas. En åtgärd som hindrar fler scenarier, exempelvis installation av en brandgasfläkt, bör prioriteras och således rekommenderas inte brandcellsindelning som åtgärd.

### 5.3 Sammanfattning av åtgärder

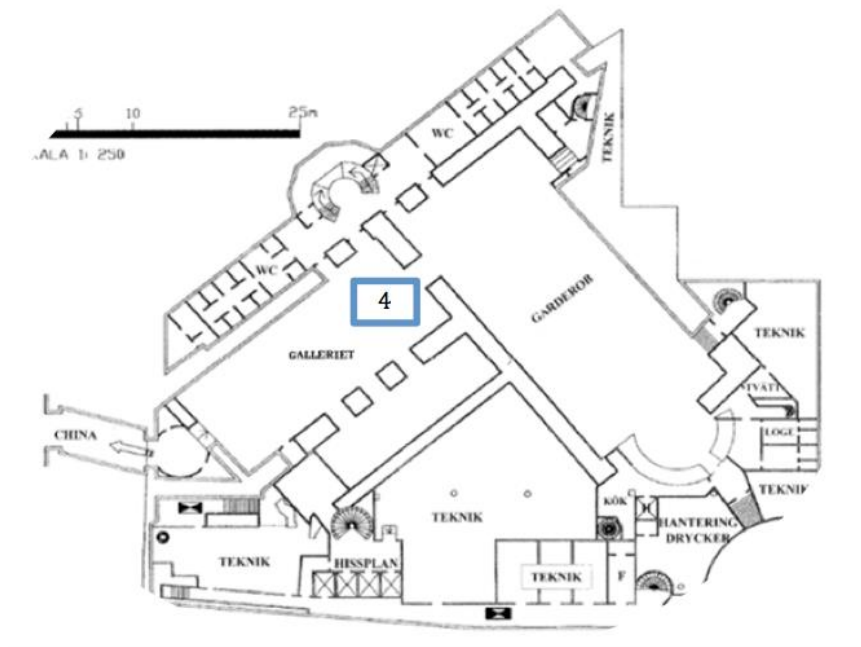
Nedan redovisas den åtgärd som bedöms säkerställa att besökarna inte utsätts för kritiska förhållanden. Övriga åtgärder som presenteras ovan kan ses som förslag på åtgärder som förbättrar personsäkerheten.

- Brandgasfläkt med kapacitet på 35 m<sup>3</sup>/s samt byte av sprinkler till RTI 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup>



## 6 Scenario 4 - Frigolitfigur

I detta avsnitt utreds brandscenariot som innefattar den frigolitfigur som är placerad på källarplan. I Figur 6.1 nedan ses frigolitfigurens placering.



Figur 6.1. Frigolitfigurens placering på källarplan.

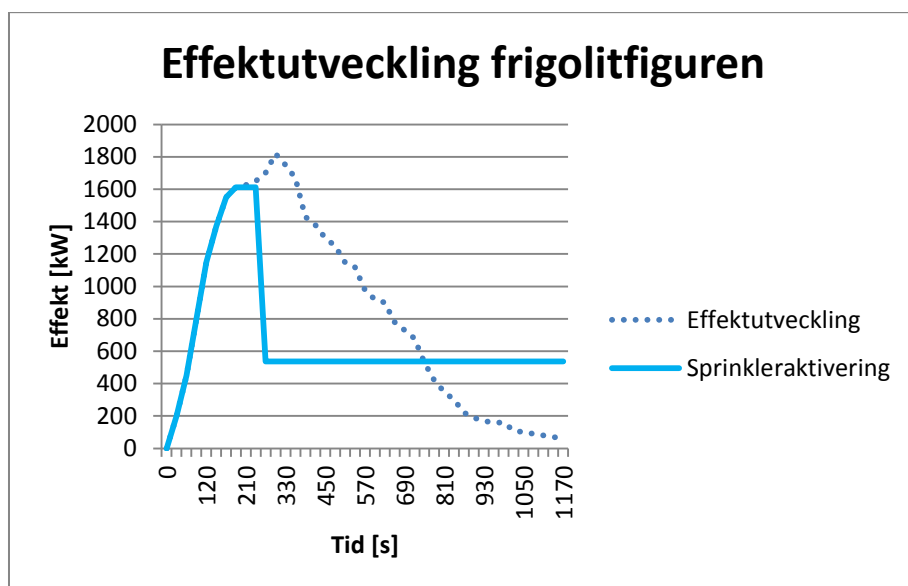
### 6.1 Dimensionerande brand

Detta scenario innebär att frigolitfiguren, som är placerad vid passagen mellan Galleriet och garderavsavdelningen på källarplan, börjar brinna. Frigolitfiguren har ett ungefärligt mått på  $1,5 \cdot 1 \cdot 1$  meter och består av frigolit inklädd med ett läderliknande material. Frigolit har ett relativt snabbt brandförlopp som börjar med att frigoliten tappar sin struktur och smälter, varpå det bildas en pölbrand (Särdqvist, 1993). Vid förbränningen frigörs dessutom stora mängder tät svart rök, se *Bilaga I: Försök*.

Figuren är placerad vid ingången till Galleriet där många besökare rör sig och en potentiell tändkälla är att någon skulle antända figuren med exempelvis en tändare eller tändstickor. Effektutveckling

Enligt försök av Stefan Särdqvist nås en maximal effektutveckling på ca 1800 kW innan brandens effekt avtar (Särdqvist, 1993). Särdqvists försök utfördes med frigolitplattor med en total volym på  $1,728 \text{ m}^3$ . Då denna volym och frigolitfigurens volym, cirka  $1,5 \text{ m}^3$ , är i samma storleksordning anses Särdqvists försök vara representativt för frigolitfiguren.

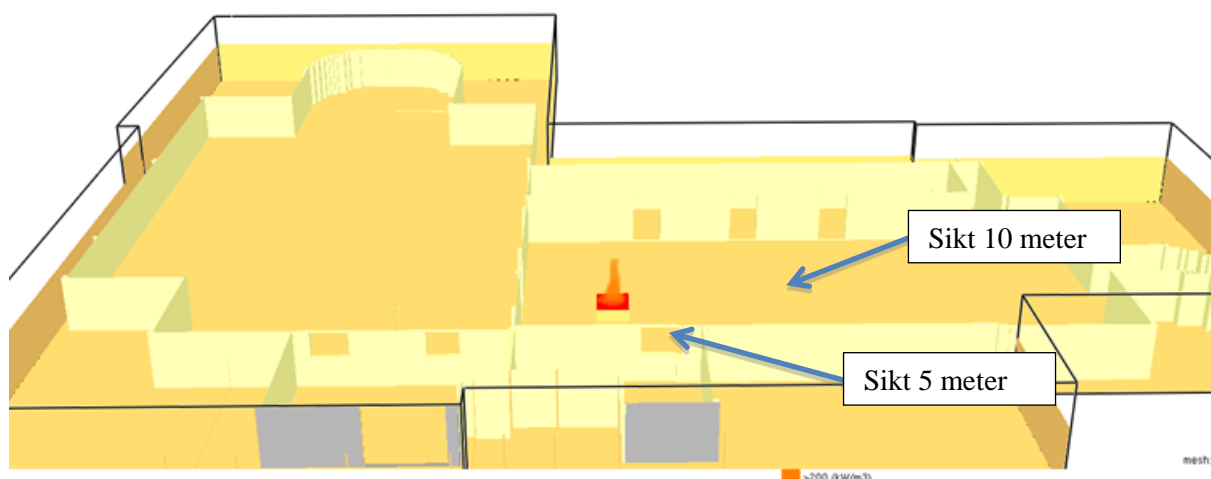
Lokalen där frigolitfiguren är placerad är sprinklad och med uträkningar i Detact visar det sig att sprinkleraktivering kommer att begränsa branden efter cirka 3 minuter när en effekt på 1 600 kW har uppnåtts, se *Bilaga F: In- och utdata*. Beräkning av när branden förväntas bli ventilationskontrollerad visar att den kommer vara bränslekontrollerad under hela brandförloppet se *Bilaga A: Handberäkningar*.



Figur 6.2 Effektutvecklingskurva frigolitfiguren, med respektive utan sprinkleraktivering.

### 6.1.1 Tid till kritiska förhållanden

Nedan följer tid till kritiska förhållanden för det fall då sprinkler aktiverar i brandscenario 4 – Frigolitfiguren. Värdena är tagna från simuleringarna i FDS, se *Bilaga H: Simuleringar*. Tiden som läses av är då brandgaslagrets höjd är 1,9 meter vilket är den kritiska höjden enligt Tabell K.1 i *Bilaga K: Utrymningsteori*. På denna höjd avläses även sikt och temperaturförhållandena, eftersom det bedöms att besökare påverkas av dessa vid höjden 1,9 meter. Vid utredning av den kritiska strålningen görs en sammanvägning mellan strålningen från brandgaslagret och strålningen från flaman, se *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*., siktförhållandena är hämtade från två olika platser i lokalen, se Figur 6.3.



Figur 6.3. I figuren ses frigolitfigurens placering i Galleriet. Pilarna visar var kritiska siktförhållanden avläses med hjälp av slicefiles. Till vänster i bild ses garderobsavdelningen.

I tabellen nedan redovisas de tider för kritiska förhållanden som tagits fram i FDS för brandscenariot med frigolitfiguren.

Tabell 6.1. Tid till kritiska förhållanden för brandscenario 4 – Frigolitfigur.

| 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 1.84 m [s] | 2.1 Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 2.2. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 3. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 4. Kritisk värmestrålning [s] | 5. Tid till kritisk toxicitetsnivå [s] |
|---|--|--|--|-------------------------------|--|
| <b>120</b>  | 300                                      | 90   | <b>170</b>                               | >kritisk tid <sup>11</sup>    | >sim.tid <sup>12</sup>                 |

I detta scenario bortses det från kriteriet *tid till kritisk siktbarhet 10 meter*, enligt samma resonemang som i brandscenario 1 – Garderober, se sida 27. Brandgaslagrets höjd blir inte dimensionerande eftersom förhållandena i brandgaslagret inte är kritiska. Istället uppstår kritiska förhållanden när temperaturen når 80°C.

Tid till kritiska förhållanden för detta brandscenario är 170 sekunder, det vill säga nästan 3 minuter.

### 6.1.2 Varseblivningstid

För detta brandscenario kommer det, enligt simuleringar i FDS, ske en detektion med rökdetektorer efter cirka 40 sekunder. Detta gör att varseblivningstiden för detta scenario anges som en uniform fördelning mellan 30 och 40 sekunder. 30 sekunder är taget från BBRAD, som är det rekommenderade lägsta värdet. Denna tid motsvarar varseblivningstiden för en person som ser branden.

Fördelning: Uniform(30;40)

### 6.1.3 Förberedelsetid

Det används samma fördelning på förberedelsetiden som för brandscenario 1 – Garderober. För argumenten kring vald fördelning hänvisas till avsnittet om förberedelsetid för brandscenario 1 – Garderober.

Fördelning Triang(20;50;90)

<sup>11</sup> >kritisk tid innebär att om kritisk strålning uppstår så sker detta efter de övriga kriterierna, för beräkningar se Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning

<sup>12</sup> >sim.tid innebär att kritiska förhållanden inte uppstår inom simuleringstiden, vilken i samtliga simuleringar minst motsvarar den tid det tar att utrymma lokalen.

#### 6.1.4 Förflyttningstid

Simuleringarna för detta scenario med frigolitfiguren liknar de simuleringar som görs i scenariot med garderobsbranden. Skillnaden är att passagen mellan Garderobsavdelningen och Galleriet blockeras eftersom frigolitfiguren står i nära anslutning till denna. Fördelningen av personer i lokalerna och hur de är definierade att välja olika utrymningsvägar redovisas i Tabell 6.2.

Tabell 6.2. Redogörelse för de olika simuleringarna av förflyttningstider som görs i Simulex.

| Personantal<br>Garderobsavdelningen: 300 st<br>Galleriet: 350 st | Personantal<br>Garderobsavdelningen: 140 st<br>Galleriet: 350 st | Utrymningsväg   |
|--|--|---|
| Simulering #4.1.A  | Simulering #4.1.B  | Alla tar närmste tillgängliga utrymningsväg   |
| Simulering #4.2.A  | Simulering #4.2.B  | Val av utrymningsväg definieras, för att motsvarar en verklig utrymningsituation där fler använder huvudtrappan |
| Simulering #4.3.A  | Simulering #4.3.B  | Endast huvudtrappan är tillgänglig  |
| Simulering #4.4.A  | Simulering #4.4.B  | Huvudtrappan är blockerad. Besökarna väljer närmste tillgängliga utrymningsväg                                  |

Nedan följer förflyttningstiderna sammanfattade för brandscenario 4 – Frigolitfigur.

Tabell 6.3. Förflyttningstider för Brandscenario 4 – Frigolitfigur.

| Simulering                   | Antal personer<br>(galleriet/garderoben) | Galleriet utrymd<br>[min, s] | Galleriet utrymd<br>[s] |
|------------------------------|--|------------------------------|-------------------------|
| #4.1.A närmste               | 350/300                                  | 3,20                         | 200                     |
| #4.2.A definiering           | 350/300                                  | 5,40                         | 340                     |
| #4.3.A endast HT tillgänglig | 350/300                                  | 8,00                         | 480                     |
| #4.4.A HT blockerad          | 350/300                                  | 3,40                         | 220                     |
| #4.1.B närmste               | 350/140                                  | 3,20                         | 200                     |
| #4.2.B definiering           | 350/140                                  | 4,00                         | 240                     |
| #4.3.B endast HT tillgänglig | 350/140                                  | 6,20                         | 380                     |
| #4.4.B HT blockerad          | 350/140                                  | 3,40                         | 220                     |



Tre värden tas från tabellen ovan för att bilda en triangelfördelning. Som lägsta troliga värde väljs simulering #4.1.B eftersom det bedöms vara mer troligt att det befinner sig 140 personer i garderobsavdelningen. Som representativ värde i triangelfördelningen väljs förflyttningstiden från simulering #4.2.B där det görs en fördelning av valda utrymningsvägar som motsvarar en verklig utrymningsituation där de flesta söker sig till huvudtrappan. Som högsta troliga värde väljs simulering #4.3B som representerar att samtliga besökare väljer huvudtrappan som utrymningsväg. Anledningen till att inte simulering #4.3.A väljs som högsta värde är att denna förflyttningstid bedöms som hög och att sannolikheten att det befinner sig 300 besökare i garderobsavdelningen bedöms som låg, eftersom besökare inte förvänts uppehålla sig i denna lokal mer än när de ska lämna eller hämta kläder.

Fördelning: Triang(200;240;380)

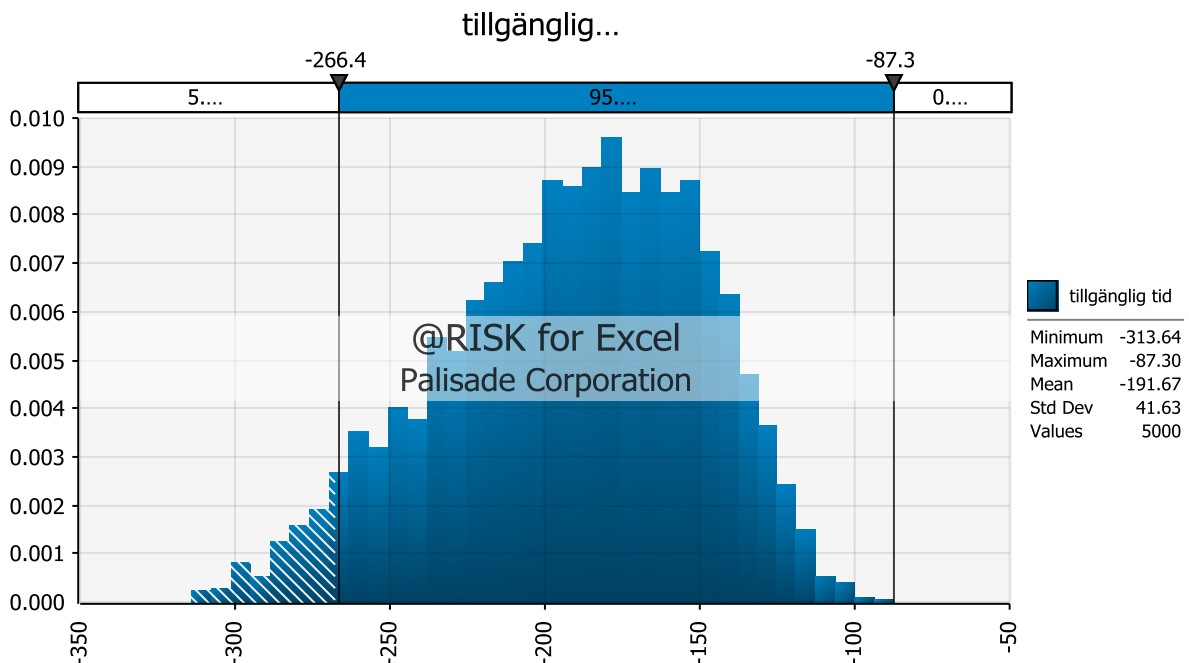
### 6.1.5 Säkerhetsmarginal

Nedan följer en redovisning av säkerhetsmarginalen för brandscenario 4 - Frigolitfigur. I @risk-simuleringarna som utförs görs 5000 itereringar. I Tabell 6.4 redovisas de fördelningar som sätts in i @risk.

Tabell 6.4. De fördelningar som sätts in i @risk för brandscenario 4 – Frigolitfigur. Tiderna är i sekunder.

| Varseblivningstid | Förberedelsetid  | Förflyttningstid    | Tid till kritiska förhållanden |
|-------------------|------------------|---------------------|--------------------------------|
| Uniform(30;40)    | Triang(20;50;90) | Triang(200;240;380) | 170                            |

I figuren nedan visas resultatet från simuleringen som görs med fördelningarna i Tabell 6.4.



Figur 6.4. Säkerhetsmarginalen vid utrymning för brandscenario 4 – Frigolitfigur.

Som visas i Figur 6.4 är säkerhetsmarginalen negativ för detta brandscenario, vilket innebär att åtgärdsförslag för detta brandscenario behöver tas fram.

## 6.2 Åtgärder

De åtgärdsförslag som läggs fram för detta brandscenario presenteras nedan.

### 6.2.1 Systematiskt brandskyddsarbete

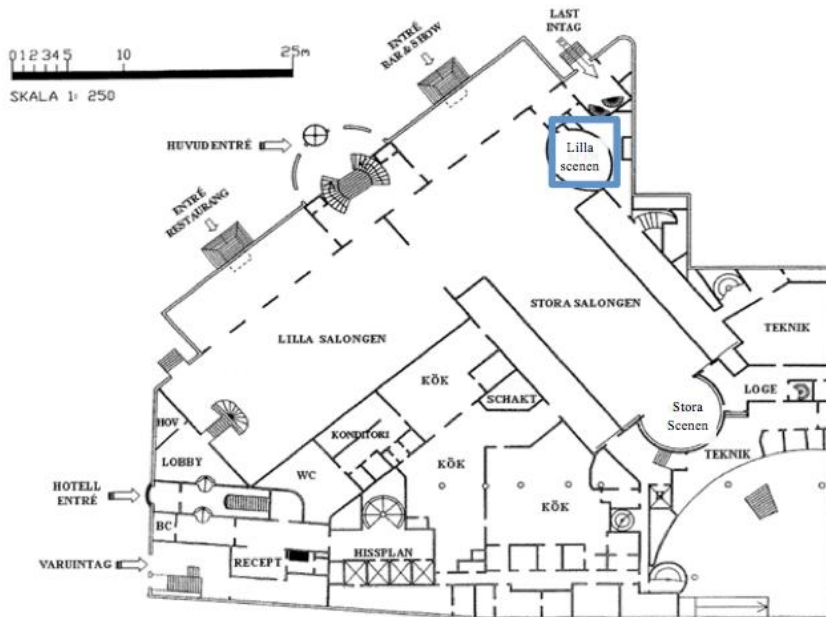
Det primära åtgärdsförslaget för detta brandscenario är att ta bort frigolitfiguren så att en sådan incident inte kan inträffa. Anledningen till att detta brandscenario tas med är att visa vikten av att det systematiska brandskyddet fungerar, och vad som skulle hända om brandskyddsarbetet inte fungerar. För att motverka att en sådan situation som är beskriven i detta brandscenario inträffar ska möbler och annan lös inredning tas bort om de inte uppfyller kraven på brandklassning. Generellt gäller även att inredning inte bör placeras på sådana platser som förvärrar en utrymningssituation. Frigolitfiguren är exempelvis placerad på en plats som skulle förhindra en utrymning av galleriet via garderobsavdelningen om den antänds.

### 6.2.2 Övriga åtgärder

I övrigt för detta brandscenario gäller samma åtgärdsförslag som för scenario 1 – Garderoben. De åtgärdsförslag som tas fram för brandscenario 1 täcker in de nödvändiga åtgärderna som krävs för att personsäkerheten ska vara tillfredställande även för brandscenariot med frigolitfiguren. Det görs inga kontrollberäkningar för dessa åtgärdsförslag, på grund av att garderobsbranden innebär en större volym producerade brandgaser samt att garderobsbranden kan pågå under en längre tid på grund av dess brandbelastning. Dessutom är tillväxthastigheten för scenarierna lika, vilket innebär att de båda brandscenierna kommer att tillväxa lika snabbt och därmed uppnå kritiska förhållanden i princip samtidigt. Med dessa argument bedöms att åtgärderna som tillgodoser personsäkerheten för brandscenario 1 - Garderoben även är tillräckliga för att personsäkerheten vid scenario 4 – Frigolitfigur ska vara acceptabel.

## 7 Scenario 8 - Lilla Scenen

I detta kapitel redovisas tillvägagångssättet och uträkningar för scenariot som innefattar brand på Lilla Scenen i Stora Salongen. I Figur 7.1 är Lilla Scenen markerad i en planritning över entréplan.



Figur 7.1. Lilla Scenens placering markerad på entréplan.

### 7.1 Dimensionerande brand

Med tanke på brandens placering kan en utrymning försvåras då branden delvis eller helt skulle kunna hindra utrymning via vissa utrymningsvägar.

En potentiell antändningskälla är elfel eftersom det ibland finns elektronik i form av ljus-, ljud- och inspelningsutrustning på scenen. Dessutom kan pyroteknik vara en möjlig tändkälla.

#### 7.1.1 Effektutveckling

I detta scenario har inte en specifik brand valts ut då det är svårt att veta vad som finns på Lilla Scenen. Materialet på scenen varierar mycket beroende på vilken typ av evenemang som pågår i salongen. Denna variation gör det svårt att förutse hur brandens effekt och sotproduktion skulle utvecklas. Brandens omfattning bedöms dock inte vara det huvudsakliga problemet eftersom mängden bränsle bedöms vara begränsad på grund av scenens storlek och typen av verksamhet som bedrivs.

För att hantera svårigheten med vad som brinner används ett probabilistiskt tillvägagångssätt. Med detta menas att flera olika effekter och tillväxthastigheter simuleras för att sedan följas av en kvalitativ uppskattning om hur sannolika de olika scenarierna är. Därifrån används @risk för att få fram en fördelning och ett jämförbart värde.

De effekter som används i simuleringarna är 10, 7, 3 och 1 MW samt tillväxthastigheterna *fast* och *medium*. Utöver detta har en maximal effekt vid olika tillväxthastigheter vid sprinkleraktivering tagits fram med hjälp av Detact. Detta ger totalt 10 olika scenarier som simuleras.

De olika effekter och tillväxthastigheter som används redovisas i Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Effekter och tillväxthastigheter.

| Effekt [MW]  | Tillväxthastighet |
|--|-------------------|
| 10   | Fast              |
| 10   | Medium            |
| 7  | Fast              |
| 7  | Medium            |
| 3  | Fast              |
| 3  | Medium            |
| 1  | Fast              |
| 1  | Medium            |
| Maxeffekt [MW]<br>Sprinkler aktiverad (se<br>Bilaga F: In- och utdata) |                   |
| 6,7  | Fast              |
| 4,5  | Medium            |

### 7.1.2 Tid till kritiska förhållanden

För att bestämma tid till kritiska förhållanden för detta scenario används simuleringsprogrammet CFAST. Nedan redovisas resultatet från simuleringarna med detta program, som visar hur lång tid det tar att uppnå kritiska förhållanden i simuleringarna. Redovisning av indata till CFAST-simuleringen finns i *Bilaga H: Simuleringar*.

Tabell 7.2. Resultat av simuleringar i CFAST.

| Effekt (MW)      | Tillväxthastighet | 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 2.85 m [s] | 2. Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 3. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 4. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 5. Tid till kritisk värmestrålning [s] | 6. Tid till kritisk toxicitetsnivå [s] |
|------------------|-------------------|---|---|--|--|--|--|
| 10               | Fast              | 260   | 360                                     | 260                                      | <b>300</b>                               | 470                                    | 630 (O <sub>2</sub> )                  |
| 10               | Medium            | 360   | 580                                     | 430                                      | <b>500</b>                               | 830                                    | 990 (O <sub>2</sub> )                  |
| 7                | Fast              | 260   | 360                                     | 260                                      | <b>300</b>                               | 570                                    | sker ej                                |
| 7                | Medium            | 360   | 580                                     | 420                                      | <b>510</b>                               | 860                                    | sker ej                                |
| 3                | Fast              | 260   | 420                                     | 260                                      | <b>320</b>                               | sker ej                                | sker ej                                |
| 3                | Medium            | 360   | 600                                     | 430                                      | <b>510</b>                               | sker ej                                | sker ej                                |
| 1                | Fast              | 330   | sker ej                                 | 420                                      | <b>sker ej</b>                           | sker ej                                | sker ej                                |
| 1                | Medium            | 390   | sker ej                                 | 540                                      | <b>sker ej</b>                           | sker ej                                | sker ej                                |
| <b>Sprinkler</b> |                   |   |   |  |  |  |  |
| 6.7              | Fast              | 260   | 360                                     | 260                                      | <b>300</b>                               | 600                                    | sker ej                                |
| 4.5              | Medium            | 360   | 580                                     | 430                                      | <b>510</b>                               | sker ej                                | sker ej                                |

För att få fram tid till kritiska förhållanden används tiderna i spalt 2, *tid till kritisk temperatur*. Detta görs eftersom brandgaslagret vid dessa tider är nere på kritiskt nivå samtidigt som temperaturen är kritisk. Anledningen till att spalt 1, *tid till kritisk nivå på brandgaslager*, inte används är att det vid

denna tidpunkt har uppstått kritiska förhållanden endast för höjden på brandgaslagret. Anledningen till att *tid till kritisk siktbarhet 10 meter* inte används är att det bedöms att köbildning sker relativt snabbt i lokalen. Då köbildning sker är det siktbarhet 5 meter som ska användas, se *Bilaga K: Utrymningsteori* för ytterligare beskrivning.

#### 7.1.2.1 Fördelningar av kritisk tid

För att få fram ett värde på tid till kritiska förhållanden sätts tiderna in i en fördelning.

Triangelfördelning används och då behövs det tre värden, det lägsta troliga, mest representativt och det högsta troliga. Som den lägsta tiden har simuleringen med tillväxthastigheten *fast* och sprinkleraktivering använts som gav en tid på 300 sekunder. Som representativt värde har 510 sekunder angetts. Värdet på 510 sekunder är resultatet i flera scenarier och det bedöms vara ett rimligt värde. Som högsta troligt värde är 900 sekunder angett. Detta värde kommer ifrån den minsta branden med lägst tillväxthastighet. Vid den minsta branden förekommer inte kritiska förhållanden och då har tiden satts till 900 sekunder vilket bedöms vara ett högt rimligt värde. I *Kapitel 8. Känslighetsanalys* görs en känslighetsanalys på valet av 900 sekunder som maximal tid.

Fördelning: Triang: (300;510;900)

#### 7.1.3 Varseblivningstid

För detta scenario kommer varseblivningstiden att anges som en uniform fördelning. Som lägsta värde sätts de 30 sekunder som anges i BBRAD, för personer som ser branden. Det högsta värdet för varseblivningstiden sätts då detektion sker i lokalen. Denna tid tas från detektoraktivering, *Bilaga F.2- Detact Detektoraktivering*, som är 218 sekunder. Tiden till detektoraktivering är uträknad till att vara 218 sekunder vilket bedöms vara en hög varseblivningstid. Anledningen till att detektionstiden är hög beror troligen på takhöjden i Stora Salongen vilket gör att Detact räknar med att brandgaserna kyls ner relativt mycket innan de når detektorerna i taket. För att få ett mer troligt värde på varseblivningstiden sätts maxvärdet för denna parameter till 90 sekunder. Detta värde anses rimligt som högsta värde eftersom branden inte är dold, vilket gör att besökare som befinner sig i närheten av Lilla Scenen kommer att upptäcka branden relativt snabbt. Dessutom befinner det sig personal och besökare i lokalen som har möjlighet att trycka på de larmknappar som finns utplacerade och på så sätt starta utrymningslarmet. Att den inte sätts till ett lägre värde beror på att det kan förekomma diskorök som gör att tiden till dess att någon i personalen eller bland besökarna varnar andra kan dröja. Dessutom förekommer alkoholpåverkade besökare, vilket också kan förlänga varseblivningstiden.

Fördelning: Uniform(30;90)

#### 7.1.4 Förberedelsetid

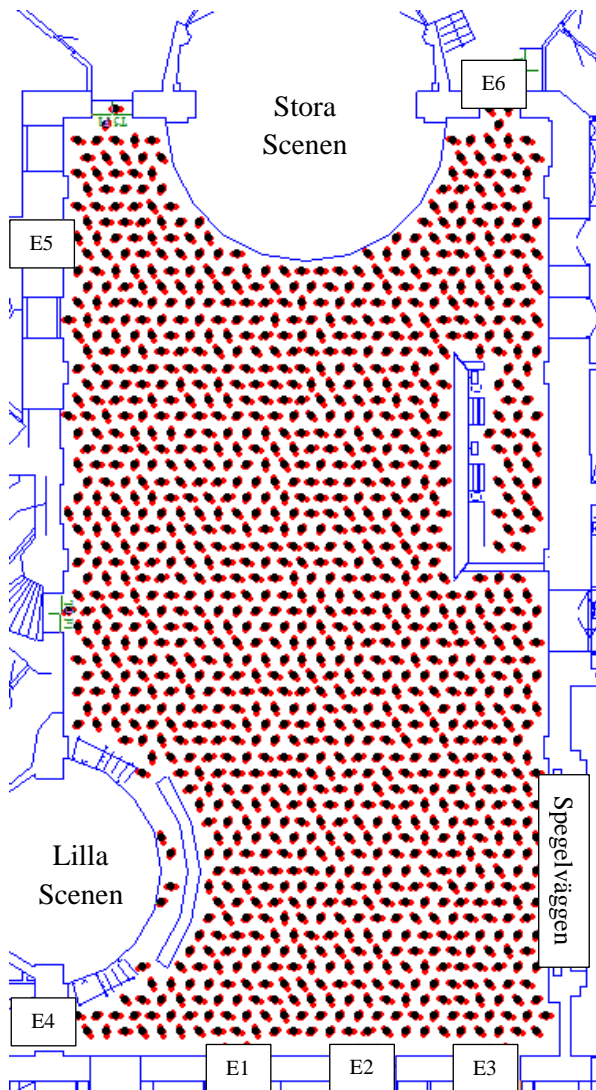
Det används samma fördelning på förberedelsetiden som för brandscenario 1 – Garderobsbranden. För argumenten kring vald fördelning hänvisas till förberedelseavsnittet för brandscenario 1 – Garderobsbranden.

Fördelning Triang(20;50;90)

#### 7.1.5 Förflyttningstid

I detta scenario görs flera olika simuleringar i Simulex, där personantalet i Stora Salongen varierar. Spegelväggen som skiljer av Stora och Lilla Salongen antas vara nere dels eftersom den ofta används för att skilja av de båda salongerna vid olika evenemang och dels för att då spegelväggen är nere innebär detta ett värre utrymningsscenario än när den är uppe. Detta eftersom utrymning kan ske genom denna öppning och på så sätt minska utrymningstiden. Valet att göra utrymningssimuleringarna

med spegelväggen nere motsvarar således det värsta troliga scenariot. Utrymningssimuleringar med spegelväggen uppe redovisas under åtgärdsförslagen vid utökat personantal för detta brandscenario.



Figur 7.2. Översiktlig bild över Stora Salongen med utrymningsvägarna markerade.

E1, E2 och E3 leder ut mot huvudentrén samt den utrymningsväg som finns ut från OFF-baren. På grund av brandens placering kommer E4 vara blockerad, se figur ovan. Detta innebär att E1, E2, E3, E5 och E6 kommer vara tillgängliga för detta brandscenario. E5 är en trappa som leder ner till källarplan för att sedan leda ut till det fria. För att få fram förflyttningstiden för detta scenario tas tider fram då besökarna har utrymt Stora Salongen. Om kritiska förhållanden inte uppkommer när besökarna utrymmer Stora Salongen bedöms personerna vara säkra trots att de inte utrymt hela byggnaden. Detta eftersom de antingen kommer att befinna sig i en annan brandcell eller ha en kort sträcka att gå innan de är ute ur byggnaden.

För samtliga utrymningssimuleringar i Simulex görs en uppdelning i valet av utrymningsvägar för besökarna, se Tabell 7.3. Dessa fördelningar av utrymningsvägar grundar sig i att de flesta använder sig av den utgången som de tog sig in i byggnaden. (Frantzych, 2000)

Det tas fram två alternativ, ett där 80 procent utrymmer via huvudentrén och ett där 90 procent utrymmer via huvudentrén. Anledningen till att det tas fram två alternativ är att det inte finns

information om hur många procentenheter som väljer samma utgång som de kom in i byggnaden, det står endast omnämnt att en stor andel av personerna väljer att utrymma genom en sådan utgång.

Tabell 7.3. Andel av besökarna som väljer de olika utrymningsvägarna.

| Utgång      | Andel<br>(alternativ 1) | Andel<br>(alternativ 2) |
|-------------|-------------------------|-------------------------|
| E1, E2 & E3 | 80 %                    | 90 %                    |
| E5          | 10 %                    | 5 %                     |
| E6          | 10 %                    | 5 %                     |

I Tabell 7.4 nedan redovisas resultaten från utrymningssimuleringar i Simulex där personantalet varierar. Sista siffran på simuleringarna nedan motsvarar vilket alternativ i Tabell 7.3 ovan som används.

Tabell 7.4. Resultat från Simulex. Förflyttningstider för varierande personantal samt varierande andel av val av utrymningsväg.

| Simulering | Antal personer i<br>Stora Salongen | Förflyttningstid<br>[min, s] | Förflyttningstid [s] |
|------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| #8.1.1     | 1200                               | 3,20                         | 200                  |
| #8.1.2     | 1200                               | 3,30                         | 210                  |
| #8.2.1     | 1000                               | 2,50                         | 170                  |
| #8.2.2     | 1000                               | 3,00                         | 180                  |
| #8.3.1     | 900                                | 2,30                         | 150                  |
| #8.3.2     | 900                                | 2,40                         | 160                  |
| #8.4.1     | 800                                | 2,20                         | 140                  |
| #8.5.2     | 800                                | 2,30                         | 150                  |

På motsvarande sätt som för de två föregående brandscenerierna väljs tre värden ut för att bilda en triangel fördelning. Som lägsta värde på förflyttningstiden i triangel fördelningen sätts tiden från simulering #8.4.1, vilket är den snabbaste förflyttningstiden. Som representativt värde sätts simulering #8.2.1. Denna simulering väljs ut eftersom det motsvarar ett medelvärde för simuleringarna #8.2.1-#8.3.2. Högsta värde tas från simulering #8.1.2, vilken motsvarar den längsta förflyttningstiden.

Fördelning: Triang(140;170;210)

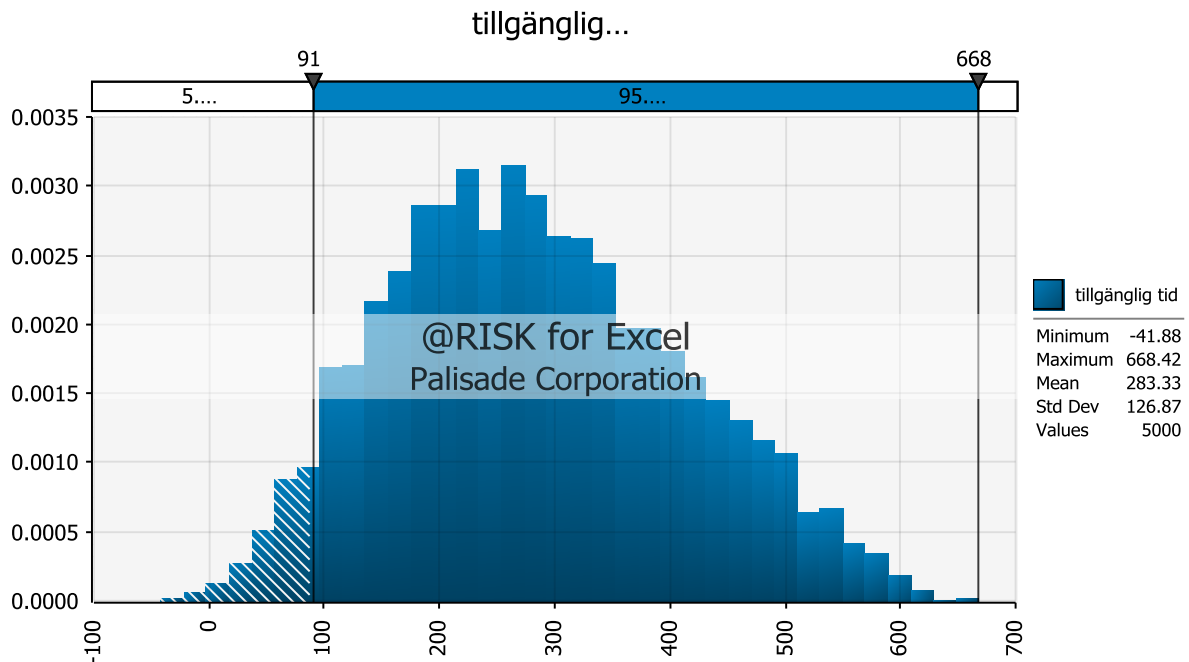
### 7.1.6 Säkerhetsmarginal

Nedan följer en redovisning av säkerhetsmarginalen brandscenario 8 - Lilla Scenen. I @risk-simuleringarna som utförs används 5000 itereringar. I Tabell 7.5 redovisas de fördelningar som används i @risk.

Tabell 7.5. Redovisning av de fördelningar som används i @risk för brandscenario 8 – Lilla Scenen.

| Varseblivningstid [s] | Förberedelsestid [s] | Förflyttningstid [s] | Tid till kritiska<br>förhållanden [s] |
|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Uniform(30;90)        | Triang(20;50;90)     | Triang(140;170;210)  | Triang(300;510;900)                   |

I figuren nedan följer redovisning av säkerhetsmarginalen då fördelningarna i Tabell 7.5 används.



Figur 7.3 Redovisning av säkerhetsmarginalen vid utrymning för scenario 8 – Lilla Scenen

I Figur 7.3 ses att säkerhetsmarginalen för detta scenario är positiv inom ett 95 % konfidensintervall. Det nuvarande brandskyddet är således tillräckligt för att inte kritiska förhållanden ska uppstå för detta brandscenario under tiden för utrymning.

Eftersom det, enligt uppgift, är av intresse för Berns att utöka personantalet undersöks hur personantalet kan utökas med olika brandtekniska åtgärder. Resultatet av denna undersökning presenteras nedan.

## 7.2 Åtgärder som medför en utökning av maximalt personantal

I detta avsnitt behandlas en utökning av personantalet för Stora Salongen. Det tas fram åtgärdsförslag för att inte kritiska förhållanden ska uppstå för detta utökande personantal. Enligt BBRAD är persontätheten 2 pers/m<sup>2</sup> ett relativt högt värde (Boverket, 2011), dock redovisas i Nasr & Wall (2012) att det först vid en persontäthet omkring 4-5 pers/m<sup>2</sup> innebär risk för proppbildning i dörröppningar. Därför väljs 3 pers/m<sup>2</sup> som ett maxvärde för persontätheten i Stora Salongen. I kombination med Stora Salongens area blir således det maximala praktiskt genomförbara personantalet 1700 stycken. Detta personantal kommer att användas i åtgärdsförslagen nedan.

### 7.2.1 Brandgasfläktar

Den förlagna åtgärden innebär att en brandgasfläkt sätts in i det befintliga ventilationssystemet. Vid detektion ökar sedan fläkten ventilationsflödet för frånluften och brandgaserna transporteras ut ur byggnaden. För ytterligare beskrivning, se åtgärdsförslagen för brandscenario 1 – Garderoben.



7.2.1.1 Brandgasfläkt 10 m<sup>3</sup>/s

Nedan visas resultaten från simuleringar i CFAST med brandgasfläktar med flödet 10 m<sup>3</sup>/s.

Tabell 7.6 Resultat för simuleringar med brandgasventilation. Kapacitet på brandgasfläkten är satt till 10 m<sup>3</sup>/s.

| Effekt (MW)      | Tillväxthastighet | 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 2.85 m [s] | 2. Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 3. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 4. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 5. Tid till kritisk värmestrålning [s] | 6. Tid till kritisk toxicitetsnivå [s] |
|------------------|-------------------|---|---|--|--|--|--|
| 10               | Fast              | <b>330</b>  | 350                                     | 240                                      | 300                                      | 510                                    | 720                                    |
| 10               | Medium            | <b>540</b>  | 580                                     | 420                                      | 510                                      | 870                                    | 1050                                   |
| 7                | Fast              | <b>330</b>  | 350                                     | 270                                      | 300                                      | 630                                    | sker ej                                |
| 7                | Medium            | <b>540</b>  | 580                                     | 420                                      | 510                                      | 930                                    | sker ej                                |
| 3                | Fast              | <b>390</b>  | 420                                     | 270                                      | 300                                      | sker ej                                | sker ej                                |
| 3                | Medium            | <b>540</b>  | 600                                     | 420                                      | 510                                      | sker ej                                | sker ej                                |
| 1                | Fast              | <b>sker ej</b>  | sker ej                                 | sker ej                                  | sker ej                                  | sker ej                                | sker ej                                |
| 1                | Medium            | <b>sker ej</b>  | sker ej                                 | 600                                      | sker ej                                  | sker ej                                | sker ej                                |
| <b>Sprinkler</b> |                   |   |   |  |  |  |  |
| 6.7              | Fast              | <b>330</b>  | 350                                     | 270                                      | 300                                      | sker ej                                | sker ej                                |
| 4.5              | Medium            | <b>540</b>  | 580                                     | 420                                      | 510                                      | sker ej                                | sker ej                                |

I denna simulering tas tider till kritiska förhållanden från kolumn 1, *tid till kritisk nivå på brandgaslager*. Det kan se ut som att det är tid till kritisk temperatur som ska användas, men detta görs inte eftersom det är brandgaslagrets temperatur som redovisas, vilket innebär att så länge brandgaslagret inte når en kritisk nivå uppstår inte kritiska förhållanden.

För att få fram ett värde på tid till kritiska förhållanden sätts tiderna in i en fördelning. Det lägsta troliga, mest representativt och det högsta troliga sätts in i en triangelfördelning. Som den lägsta tiden har simuleringen med tillväxthastigheten fast och sprinkleraktivering använts som gav en tid på 330 sekunder. Som representativt värde har 540 sekunder angetts. Värdet på 540 sekunder är resultatet i flera scenarier och det bedöms vara ett rimligt värde. Som högsta troligt värde är 900 sekunder angett. Eftersom kritiska förhållanden inte kommer att uppstå för de lägsta effektutvecklingarna sätts 900 sekunder, som bedöms som en relativt lång tid, för att representera detta. Känslighetsanalys för valet av denna maximala tid görs i *Kapitel 8. Känslighetsanalys*.

Fördelning: Triang(330;540;900)

Förflyttningstiden för denna åtgärd simuleras i Simulex, där det maximala utökade personantalet, som är 1700, sätts in och fördelningen av valet av utrymningsvägar definieras enligt Tabell 7.7.

**Tabell 7.7. Nedan redovisas andel av besökarna som väljer respektive utrymningsvägar samt förflyttningstiden för respektive alternativ.**

| Utgång                  | Andel<br>(alternativ 1) |     | Andel<br>(alternativ 2) |     |
|-------------------------|-------------------------|-----|-------------------------|-----|
| E1, E2 & E3             | 80 %                    |     | 90 %                    |     |
| E5                      | 10 %                    |     | 5 %                     |     |
| E6                      | 10 %                    |     | 5 %                     |     |
| <b>Förflyttningstid</b> | [min, s]                | [s] | [min, s]                | [s] |
|                         | 4,30                    | 270 | 4,50                    | 290 |

För att representera förflyttningstiden väljs en uniform fördelning med förflyttningstiderna från Tabell 7.7.

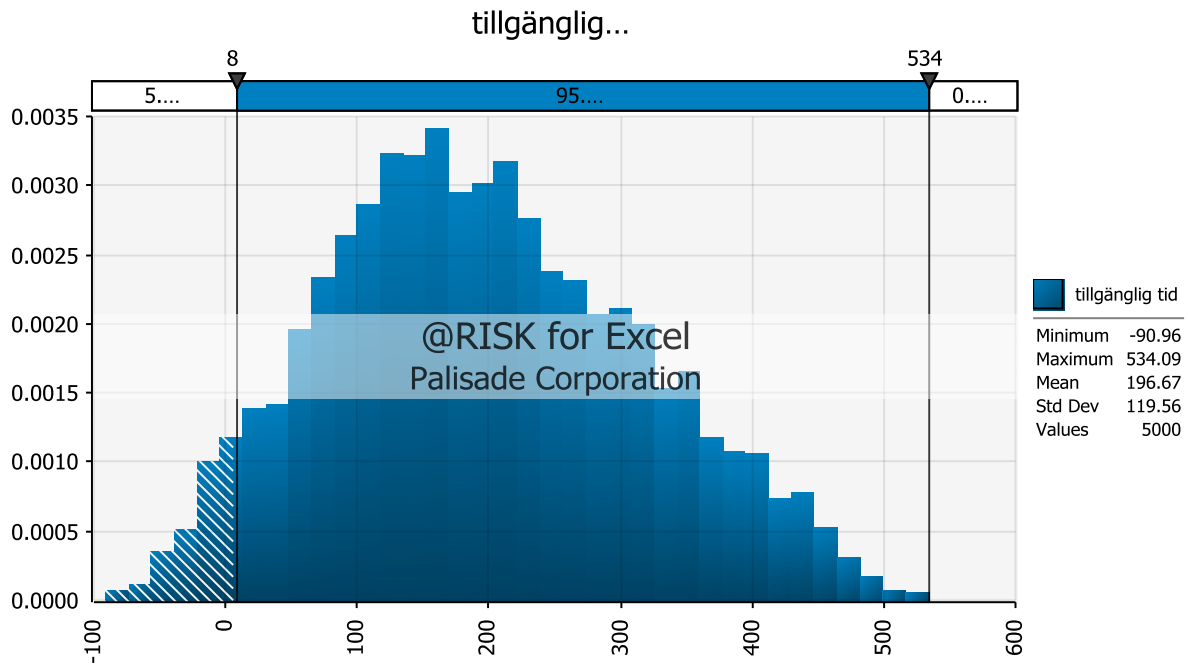
Förflyttningstid: Uniform(270;290)

Nedan redovisas indata och resultatet för den @risk-simulering som gjordes för att få fram säkerhetsmarginalen. Eftersom personantalet har utökats är förflyttningstiden förändrad i jämförelse med resultatet innan åtgärder läggs fram. Dessutom är tid till kritiska förhållanden förändrad eftersom brandgasfläktarna påverkar brandgasfyllnaden.

**Tabell 7.8. Fördelning av varseblivningstid, förberedelsetid, förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden då mekanisk brandgasventilation installerats.**

| Varseblivningstid<br>[s] | Förberedelsetid<br>[s] | Förflyttningstid<br>[s] | Tid till kritiskt<br>förhållande [s] |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Uniform(30;90)           | Triang(20;50;90)       | Uniform(270;290)        | Triang(330;540;900)                  |

Den tillgängliga tiden nedan visar att säkerhetsmarginalen är positiv inom ett 95 % konfidensintervall, se Figur 7.4. Alltså skulle brandgasfläktar i Stora Salongen med flödet 10 m<sup>3</sup>/s uppfylla de uppsatta kriterierna för en säker utrymning. Ett lägre flöde skulle inte ge ett tillfredställande resultat och 10 m<sup>3</sup>/s är således det minsta flödet som ger ett acceptabelt resultat utan att denna åtgärd kombineras med andra åtgärder.



Figur 7.4. Redovisning av säkerhetsmarginalen vid utrymning för scenario 8 – Lilla Scenen när brandgasfläktar med en kapacitet på 10 m<sup>3</sup>/s installeras.

För att denna åtgärd med mekanisk brandgasventilation skall fungera optimalt krävs det att dörrarna från huvudentrén till Stora Salongen hålls öppna och att det kan ske ett flöde av luft in i lokalen. Detta behövs för att motverka ett undertryck i lokalen vilket skulle göra att fläktarna inte kan suga ut brandgaserna med önskad kapacitet samt att de dörrar som öppnas utåt kommer att vara svåra att öppna på grund av det undertryck som byggs upp i lokalen då brandgasfläktarna sätts igång. Därför bör automatiska dörröppnare installeras i samband med brandgasventilationen för att säkerställa att dörrarna är öppna.

Medan frånluften ökas i lokalen, hålls tilluften konstant. Det finns två anledningar till detta. Det första är att det finns fler öppningar in till lokalen som inte tas med i CFAST, vilket gör att det kommer ske ytterligare flöde av tilluft i det verkliga fallet. Dessutom förekommer det läckage i byggnaden, vilket innebär att tillflödet av luft kommer att öka. Värden om undertryck som är tagna från CFAST-simuleringarna visar på att undertrycket är maximalt runt fem Pascal. Detta innebär att kraften som behövs för att öppna en utav dörrarna som leder ut till huvudentrén, med en area på 2,5 kvadratmeter, är 12,5 Newton. Därmed klaras den kritiska gränsen som benämns i Brandskyddshandboken (Brandskyddshandboken, 2012).

### 7.2.2 Utbildning av personal samt attraktiva utrymningsvägar

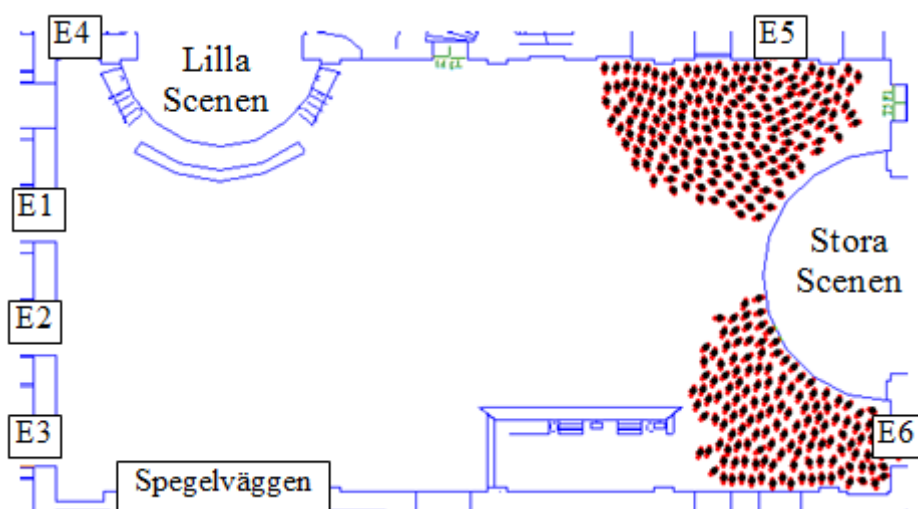
Utbildning av personalen skulle generera en förkortning av förflyttningstiden. Denna minskning av förflyttningstiden sker genom att personalen har tydliga roller vid en utrymningssituation och att de ger tydliga instruktioner till besökarna att det finns utrymningsvägar tillgängliga i den bakre delen av lokalen, mot Stora Scenen. Dessutom föreslås att de utrymningsvägar som är placerade i bakre delen av lokalen skall göras mer attraktiva genom att lysa upp dessa då brandlarmet startar så att det blir tydligt för besökarna att dessa utrymningsvägar är tillgängliga. Förslagsvis lysas dessa upp med gröna spotlights eller med en grön ljusslinga runt dörrkarmen. Detta skulle göra dessa utrymningsvägar tydliga och mer attraktiva. I Tabell 7.9 nedan redovisas andelen besökare som väljer de olika

utrymningsvägarna. Andelen besökare som väljer de bakre utrymningsvägarna är högre i jämförelse med simuleringarna i Simulex utan åtgärder.

Tabell 7.9. Nedan redovisas andel av besökarna som väljer respektive utrymningsvägar samt förflyttningstiden för respektive alternativ.

| Utgång           | Andel (alternativ 1) |     | Andel (alternativ 2) |     |
|------------------|----------------------|-----|----------------------|-----|
| E1, E2 & E3      | 70 %                 |     | 60 %                 |     |
| E5               | 15 %                 |     | 20 %                 |     |
| E6               | 15 %                 |     | 20 %                 |     |
| Förflyttningstid | [min, s]             | [s] | [min, s]             | [s] |
|                  | 5,50                 | 350 | 7,50                 | 470 |

I Tabell 7.9 ovan ses att förflyttningstiderna blir längre än för simuleringarna med brandgasfläktar. Denna skillnad beror på köbildning som sker i de bakre utgångarna, E5 och E6, på grund av de höga personantal som sätts att ta dessa utrymningsvägar. I Figur 7.5 nedan visas hur denna köbildning ser ut.



Figur 7.5. Bild från Simulex som visar köbildningen vid de bakre utgångarna. Förflyttning har pågått i tre minuter och 20 sekunder.

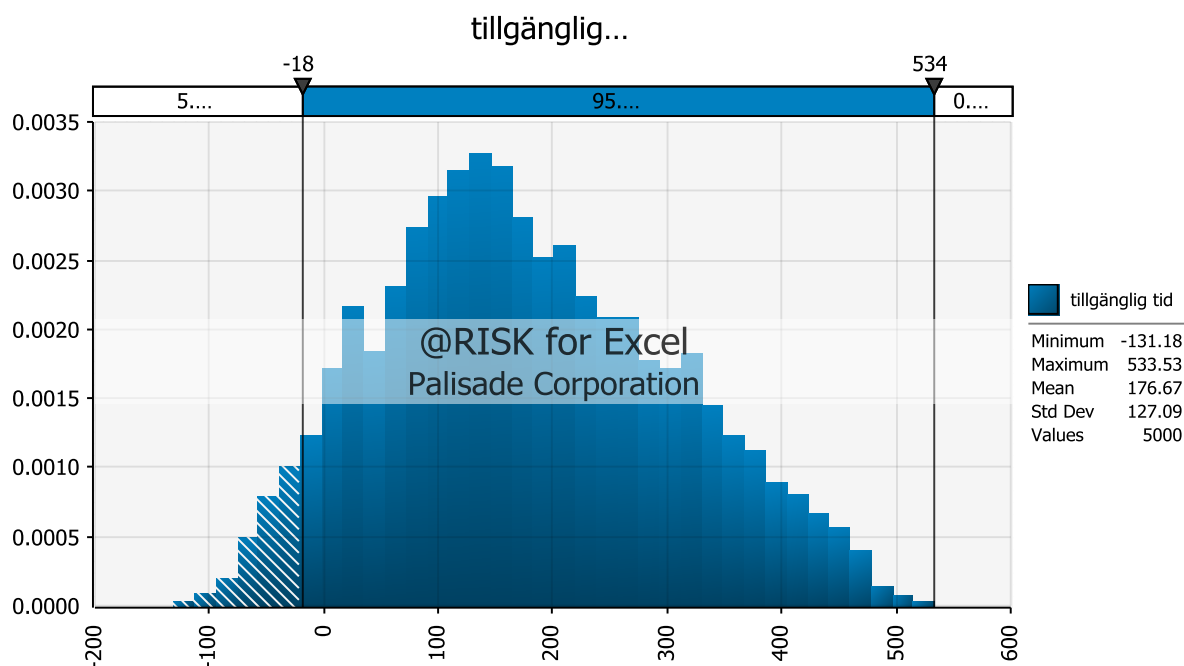
På grund av ovan nämnda köbildning kommer förflyttningstiderna som tagits fram, se Tabell 7.9, inte att användas. Anledningen är att de tiderna inte motsvarar den snabbaste förflyttningstiden. Tiderna som används är de som återfinns i Tabell 7.7, Tanken med denna åtgärd är att optimera förflyttningstiden, vilket innebär att den snabbaste förflyttningstiden väljs.

De övriga parametrarna är samma som vid resultatet innan åtgärdsförslagen, eftersom det är effekten av utbildning av personal samt attraktiva utrymningsvägar som analyseras. I tabellen nedan redovisas vilka fördelningar som har satts in i @risk och i Figur 7.6 visas resultatet för säkerhetsmarginalen.

Tabell 7.10. Fördelning av varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden då personalen utbildats och tilldelats tydliga roller vid en eventuell brand.

| Varseblivningstid<br>[s] | Förberedelsestid<br>[s] | Förflyttningstid<br>[s] | Tid till kritiska förhållanden<br>[s] |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Uniform(30;90)           | Triang(20;50;90)        | Uniform(270;290)        | Triang(300;510;900)                   |

I figuren nedan redovisas säkerhetsmarginalen med värden från Tabell 7.10.



Figur 7.6 Säkerhetsmarginalen vid utrymning då personalen blivit utbildad

I figuren ovan visas resultat för säkerhetsmarginalen när personalen har fått utbildning. Resultatet visar att åtgärden med utbildning av personal inte räcker för att säkerställa en säker utrymning när personantalet ökats till 1700 besökare. Dock ger åtgärden en positiv inverkan på utrymningen varför denna åtgärd bör beaktas.

### 7.2.3 Spegelväggen dras upp automatiskt vid detektion

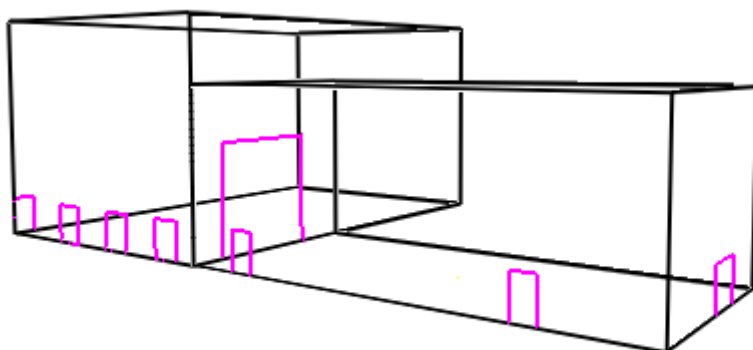
Denna åtgärd innebär att spegelväggen dras upp automatiskt när brandlarmet aktiveras. Att spegelväggen dras upp medför att brandgaserna kommer att försvinna ut i Lilla Salongen vilket innebär att det kommer ta längre tid för brandgaslagret att sjunka.

Eftersom det troligtvis kommer ske en förändring av brandgaslagrets höjd då spegelväggen är uppe görs det nya simuleringar i CFAST för detta. Dessa simuleringar redovisas nedan.

Tabell 7.11. Resultat från simuleringar utan spegelväggen.

| Effekt (MW)      | Tillväxthastighet | 1. Tid till kritisk nivå på brandgaslager, 2.85 m [s] | 2. Tid till kritisk siktbarhet, 5 m [s] | 3. Tid till kritisk siktbarhet, 10 m [s] | 4. Tid till kritisk temperatur, 80°C [s] | 5. Tid till kritisk värmestrålning [s] | 6. Tid till kritisk toxicitetsnivå [s] |
|------------------|-------------------|---|---|--|--|--|--|
| 10               | Fast              | <b>330</b>  | 380                                     | 260                                      | 300                                      | 560                                    | sker ej                                |
| 10               | Medium            | 460   | 650                                     | 450                                      | <b>550</b>                               | 930                                    | sker ej                                |
| 7                | Fast              | <b>330</b>  | 380                                     | 260                                      | 300                                      | sker ej                                | sker ej                                |
| 7                | Medium            | 470   | 650                                     | 450                                      | <b>540</b>                               | sker ej                                | sker ej                                |
| 3                | Fast              | <b>350</b>  | 540                                     | 260                                      | 330                                      | sker ej                                | sker ej                                |
| 3                | Medium            | 470   | 720                                     | 450                                      | <b>570</b>                               | sker ej                                | sker ej                                |
| 1                | Fast              | 490   | sker ej                                 | sker ej                                  | sker ej                                  | sker ej                                | sker ej                                |
| 1                | Medium            | 530   | sker ej                                 | sker ej                                  | sker ej                                  | sker ej                                | sker ej                                |
| <b>Sprinkler</b> |                   |   |   |  |  |  |  |
| <b>6.7</b>       | Fast              | <b>330</b>  | 380                                     | 260                                      | 300                                      | sker ej                                | sker ej                                |
| <b>4.5</b>       | Medium            | <b>450</b>  | 650                                     | 450                                      | 550                                      | sker ej                                | sker ej                                |

För att ta fram tider till kritiska förhållanden görs samma resonemang som i förgående åtgärdsförslag, där brandgasfläktar installerats. Tiden för kritiska förhållanden tas ur kolumn 1, tid till kritisk nivå för brandgaslagret. I vissa fall är tiden till kritisk temperatur kortare än till kritiskt brandgaslager men eftersom temperaturen är tagen från brandgaslagret används tiden till kritisk höjd på brandgaslager. Den längsta tiden sätts till 900 sekunder eftersom kritiska förhållanden aldrig uppnås och 900 bedöms som en rimlig och lång tid. Känslighetsanalys för denna maximala tid återfinns i *Kapitel 8. Känslighetsanalys*.



Figur 7.7. Geometrin när spegelväggen mot Lilla Salongen är öppen.

Med värden ur Tabell 7.11 görs följande triangelfördelning för att representera tid till kritiska förhållanden i Stora Salongen.

Tid till kritiska förhållanden: Triang(330;470;900)

Förflyttningstiden från Simulex redovisas nedan. Eftersom spegelväggen är uppe innebär detta att det finns ytterligare ett alternativ för besökarna då de utrymmer genom denna öppning som bildas då spegelväggen försvinner. Fördelningen för valet av utrymningsväg samt resultatet från Simulex redovisas i Tabell 7.12 nedan.

**Tabell 7.12. Nedan redovisas andel av besökarna som väljer de olika utrymningsvägarna samt resultatet från Simulex.**

| Utgång                  | Andel (alternativ 1) |     | Andel (alternativ 2) |     |
|-------------------------|----------------------|-----|----------------------|-----|
| E1, E2 & E3             | 60 %                 |     | 65 %                 |     |
| Spegelväggens öppning   | 20 %                 |     | 25 %                 |     |
| E5                      | 10 %                 |     | 5 %                  |     |
| E6                      | 10 %                 |     | 5 %                  |     |
| <b>Förflyttningstid</b> | [min, s]             | [s] | [min, s]             | [s] |
|                         | 4,00                 | 240 | 4,20                 | 260 |

En uniform fördelning väljs för att representera förflyttningstiden med värden tagna från Tabell 7.12.

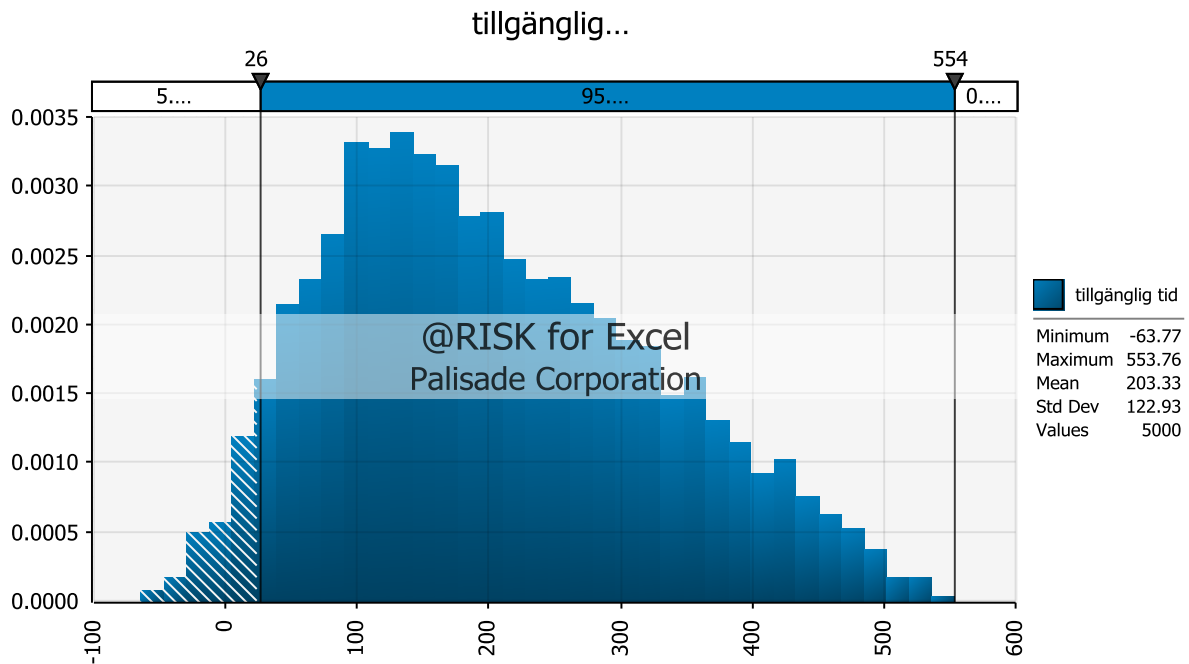
Förflyttningstid: Uniform(240;260)

För denna åtgärd är det förflyttningstiden samt tid till kritiska förhållanden som ändras i jämförelse med fördelningarna innan åtgärdsförslagen.

**Tabell 7.13. Fördelning av varseblivningstid, förberedelsestid, förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden när spegelväggen dras upp vid detektion.**

| Varseblivningstid [s] | Förberedelsestid [s] | Förflyttningstid [s] | Tid till kritiskt förhållande [s] |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Uniform(30;90)        | Triang(20;50;90)     | Uniform(240;260)     | Triang(330;450;900)               |

I Figur 7.8 redovisas resultatet från @risk då fördelningarna i tabellen ovan används.



Figur 7.8 Säkerhetsmarginalen vid utrymning då spegelväggen dras upp automatiskt vid detektion.

Figur 7.8 visar att säkerhetsmarginalen är positiv då spegelväggen dras upp automatiskt. Detta innebär således att denna åtgärd är tillräcklig för att säkerställa personsäkerheten då maximala personantalet har utökats till 1700 stycken i Stora Salongen.

### 7.3 Sammanfattning av åtgärder

Det befintliga brandskyddet bedöms vara tillräckligt eftersom utrymning sker innan kritiska förhållanden uppstår. Åtgärderna som listas nedan är således inte nödvändiga men skulle var för sig medföra att personantalet kan ökas från 1200 till 1700 personer. Övriga presenterade åtgärder kan ses som förslag för att förbättra personsäkerheten ytterligare.

- Brandgasfläktar med kapaciteten 10 m<sup>3</sup>/s
- Spegelväggen drar upp automatiskt vid detektion



## 8 Känslighetsanalys

För att undersöka hur stor inverkan olika parametrar har på resultatet i de olika scenarierna, görs en känslighetsanalys.

### 8.1 Fallande system

I samtliga utredningar som görs av brandscenierna, förutsätts att de befintliga aktiva system som finns i lokalen och att de aktiva system som föreslås som åtgärder, kommer att fungera felfritt. Eftersom användandet av tekniska system alltid medför en viss risk för att systemet fallerar, behöver dess tillförlitlighet samt konsekvenserna av ett felfungerande system utredas.

#### 8.1.1 Sprinkler

Ett av de aktiva system som kan falla är det befintliga sprinklersystemet. Sprinklersystem har, enligt en analys av svensk insatsstatistik, en tillförlitlighet på 92 procent (Pettersson & Malm, 2008). I scenarierna på källarplan antas sprinkler sänka brandens effekt enligt BBRADs riktlinjer (Boverket, 2011). Effekterna visas i Tabell 8.1 nedan.

Tabell 8.1 Effekt för brandscenierna på källarplan med och utan sprinklerinverkan

| Sprinkler       | Garderob [MW] | Frigolitfigur [MW] |
|-----------------|---------------|--------------------|
| <b>Fungerar</b> | 3,1           | 0,6                |
| <b>Fallerar</b> | 13,2          | 1,8                |

Skillnaden mellan en brand där sprinkleraktivering sker respektive inte sker, som åskådliggörs i Tabell 8.1, indikerar att sprinkleraktivering är avgörande för hur branden fortlöper. Om systemet fallerar ökar dessutom spridningsrisken avsevärt, eftersom omkringliggande inredning inte kyls av.

Tid till kritiska förhållanden för garderobsbranden med aktiverat sprinklersystem jämförs med tid till kritiska förhållanden utan inverkan av sprinkler. Eftersom sprinkleraktivering sker först efter att kritiska förhållanden uppstått, är tid till kritiska förhållanden med det fallerade sprinklersystemet samma som för garderobsbranden med fungerande sprinkler, det vill säga cirka 2,5 minuter.

En undersökning görs för att utreda om de rekommenderade åtgärderna för scenarierna på källarplan är tillräckliga för att hantera en brand där sprinklersystemet fallerar. Detta görs genom en överslagsräkning av brandgasplymens volymflöde för både den osprinklade och den sprinklade branden. Det frånluftsflöde som krävs av brandgasfläkten, för att undvika kritiska förhållanden, antas ha en nära korrelation till plymflödet. Flödet, på 3 meters höjd, beräknas med hjälp av Heskestads ekvation för plymmassflöde (Karlsson & Quintiere, 2000). Beräkningarna visar att plymflödet för den osprinklade branden är cirka 25 m<sup>3</sup>/s. Detta flöde är mer än dubbelt så högt som det flöde, cirka 11 m<sup>3</sup>/s, som den sprinklade branden ger upphov till. Denna beräkning indikerar att det är osannolikt att brandgasfläktarna som rekommenderas för att klara av en sprinklad brand, skulle kunna hantera en brand där sprinklersystemet fallerar. Ett fungerande sprinklersystem är således avgörande för att de föreslagna åtgärderna ska ge önskad effekt.

På entréplan är sprinkleraktivering inte lika avgörande för resultatet, eftersom lokalen är stor och utrymningsförhållanden är bättre. Dock, med tanke på sprinklerns begränsande effekt på en brand, bedöms sprinklerns tillförlitlighet och vikten av bra underhåll vara av betydande karaktär även i det scenariot.

### 8.1.2 Brandgasfläkt

Vid litteraturstudier av tillförlitlighet på brandgasfläktar hittades inga relevanta värden. Brandgasfläktar är en åtgärd som i alla brandscenarier ser till att kritiska förhållanden inte uppstår. Detta innebär att om brandgasfläktarna inte fungerar optimalt eller fallerar helt så påverkar detta de kritiska förhållandena eftersom inga andra åtgärdsförslag som säkerställer skyddsmålet tagits fram. Således är brandgasfläktarnas tillförlitlighet något som påverkar utrymningssituationen mycket.

### 8.1.3 Utrymningslarm

Tillförlitligheten hos utrymningslarm presenteras i Tabell 8.2 nedan.

Tabell 8.2. Tillförlitligheten för utrymningslarm (Johansson, 1999).

| Servicenivå   | Tillförlitlighet |
|---|------------------|
| Service enligt standard utför av godkänd firma      | 97 %             |
| Service, ej enligt standard utförd av godkänd firma | 92,4 %           |
| Service utförd av ej godkänd firma                  | 85,3 %           |

Det är utifrån dessa siffror tydligt att servicenivån spelar en betydande roll för hur ofta ett utrymningslarm fallerar. Det är en relativt hög tillförlitlighet, 97 %, när servicenivån är hög, vilket visar vikten av att underhålla systemet.

Om utrymningslarmet skulle falla innebär detta att varseblivningstiden för de olika scenarierna påverkas. Tid till detektion påverkar vilket värde som sätts till högsta troliga i fördelningen av varseblivningstiden. För brandscenarierna på källarplan, brandscenario 1 – Garderoben och brandscenario 4 – Frigolitfiguren, innebär detta att varseblivningstiden sannolikt skulle förlängas. Tid till detektion ligger omkring 40 sekunder för de båda brandscenarierna. Om detektion uteblir innebär detta att utrymningslarmet först aktiveras då någon trycker in någon utav de larmknappar som finns i lokalerna. Tiden till att någon i lokalen trycker in denna larmknapp är svår att uppskatta, men det bedöms att det troligen kommer ta längre tid än de 40 sekunder som är tid till detektion. Varseblivningstiden utgör som mest en sjättedel av förflyttningstiden, vilket innebär att utrymningslarmets funktion inte bedöms ha lika stor påverkan på den totala utrymningstiden som exempelvis en blockerad utrymningsväg skulle ha.

## 8.2 Förflyttningstid

Den totala utrymningstiden är av stor betydelse när säkerhetsmarginalen ska bestämmas. Det som påverkar utrymningstiden mest är förflyttningstiden, som i sin tur är beroende av antalet tillgängliga utrymningsvägar. Som exempel visar beräkningar att förflyttningstiden i scenariot med garderobsbranden, utgör 70-80 procent av den totala utrymningstiden. Detta innebär att beräkningsmodellerna som används för att bestämma förflyttningstiderna, både simuleringsprogrammet Simulex och handberäkningarna, har stor påverkan på resultatet. Dessutom skulle en blockering av en eller flera utrymningsvägar ge ett stort utslag i den totala utrymningstiden.

### 8.2.1 Blockerad utrymningsväg

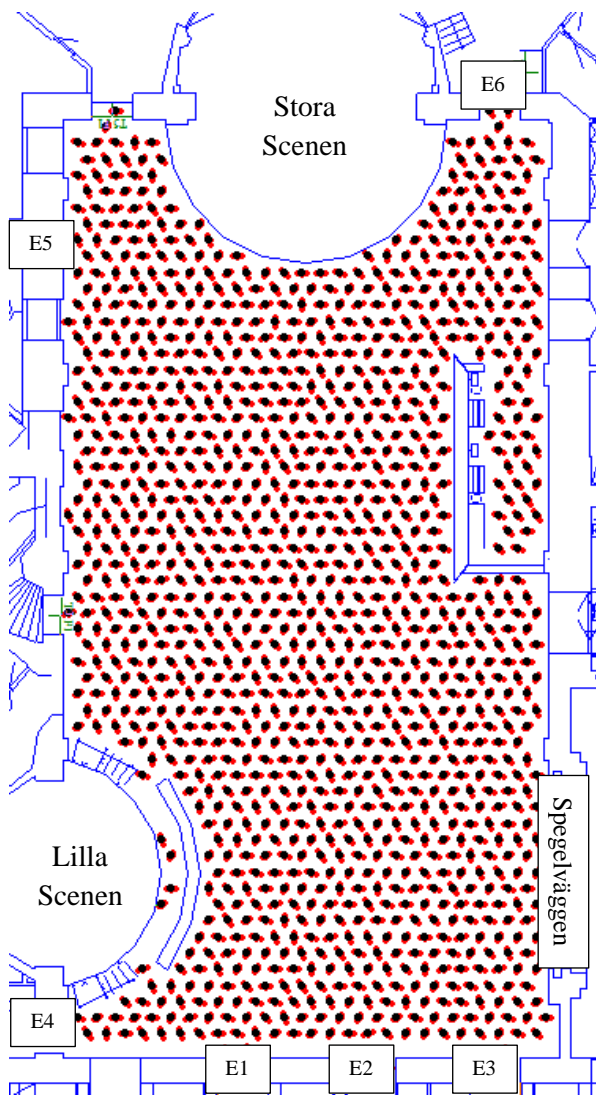
I de fall där utrymningsvägarna är blockerade eller på något annat sätt inte kan användas, kommer detta enligt ovanstående resonemang ha en påfallande påverkan på personsäkerheten. I tabellerna som redovisar resultatet från simuleringarna för brandscenario 1 – Garderoben och brandscenario 4 – Frigolitfigur visas att när exempelvis endast huvudtrappan är tillgänglig ökar förflyttningstiden

markant. Detta visar vikten av att utrymningsvägarna ska vara tillgängliga och tilltalande för besökarna.

För att undersöka hur stor påverkan en blockering av utrymningsvägarna från Stora Salongen mot huvudtrappan skulle ha, görs handberäkningar med personflöden enligt BBRAD1 (Boverket, 2011), motsvarade de som gjorts för att verifiera Simulex, se *Bilaga A: Handberäkningar*. I Tabell 8.3 nedan redovisas det antal personer som utrymt efter en viss tid när endast utrymningsvägarna i bakre delen av Stora Salongen är tillgängliga. De utrymningsvägar som används benämns E5 och E6 och visas i Figur 8.1. Båda utrymningsvägarna bedöms vara okända utrymningsvägar, varför flödet genom dessa sätts till BBRADs rekommenderade värde 0,75 pers/sm.

Tabell 8.3. Redogörelse för antalet personer som passerar respektive utrymningsväg.

| Tid [s] | E5 [antal] | E6 [antal] | SUMMA [antal] |
|---------|------------|------------|---------------|
| 1       | 1          | 1          | 2             |
| 5       | 4          | 5          | 9             |
| 10      | 8          | 10         | 18            |
| 15      | 12         | 15         | 27            |
| 20      | 17         | 20         | 36            |
| -----   | -----      | -----      | -----         |
| 640     | 528        | 624        | 1152          |
| 645     | 532        | 629        | 1161          |
| 650     | 536        | 634        | 1170          |
| 655     | 540        | 639        | 1179          |
| 660     | 545        | 644        | 1188          |
| 665     | 549        | 648        | 1197          |
| 670     | 553        | 653        | 1206          |



Figur 8.1. Samtliga utrymningsvägar i Stora Salongen.

Tabellerna ovan visar att den handberäknade förflyttningstiden för de 1200 besökarna är cirka 670 sekunder, vilket motsvarar cirka elva minuter. Handberäkningar som gjorts när dörrarna ut mot huvudtrappan är tillgängliga redogör för en förflyttningstid på cirka tre minuter. Denna tydliga skillnad i förflyttningstiden visar på vikten av att utrymningsvägarna ut mot huvudtrappan är tillgängliga.

### 8.3 Kritiska förhållanden

Det är i samtliga scenarier på källarplan kriterierna *sikt* och *brandgaslagrets höjd* som gör att utrymningsförhållandena blir kritiska och det är en signifikant skillnad mot de kritiska tider som erhålls för de övriga kriterierna. Exempelvis tar det ungefär hälften så lång tid för sikten i garderobsbranden att nå kritiska förhållanden, jämfört med tiden till kritisk temperatur. Detta innebär att de parametrar som bestämmer sikten i en FDS-simulering ger stort utslag i resultaten. Sotproduktionen, *soot yield*, och siktfaktorn, *visibility factor*, som beskrivs mer ingående i *Bilaga H: Simuleringar*, har därmed en betydande inverkan på tid till kritiska förhållanden.

Den siktfaktor som används i simuleringarna är det mer konservativa värdet 3, eftersom enstaka skyltar inte var genomlysta. Om alla skyltar hade varit genomlysta skulle siktfaktorn istället ha satts till 8. Detta skulle innebära att sikten i simuleringarna skulle förbättras påtagligt, eftersom siktförhållandena är direkt proportionella mot den siktfaktor som anges i indata-filen. För att öka tillförlitligheten i resultatet skulle en jämförelse behöva göras mellan simuleringar med de båda siktfaktorerna. Detta görs dock inte i rapporten och endast det konservativa värdet 3 används.

Sotproduktionen är, som nämns ovan, också en viktig parameter när sikten ska bestämmas. Massan av de ljusdämpande sotpartiklar som frigörs i branden är direkt proportionell mot *soot yielden* och bränsleytans massavbränning. En för högt angiven *soot yield* återspeglas således direkt i att sikten i brandrummet kraftigt försämras.

## 8.4 Fördelningar

Eftersom det råder osäkerheter kring de fördelningar som används i beräkningarna av säkerhetsmarginalen, behöver fördelningarnas påverkan på resultatet utredas. Triangelfördelning och uniform fördelning är de varianter som används i utrymningsberäkningarna. För att få en bild av hur mycket fördelningarna påverkar resultatet görs två simuleringar i @risk, en där triangelfördelningen används och en där alla fördelningar sätts till uniform. Samma min- och maxvärde används i fördelningarna och det enda som skiljer dem åt är att det i triangelfördelningarna definieras ett troligt värde.

I denna jämförelse används fördelningarna för brandscenario 8 – Lilla Scenen, innan åtgärder lagts fram. I tabellerna nedan redovisas de fördelningar som simuleras i @risk.

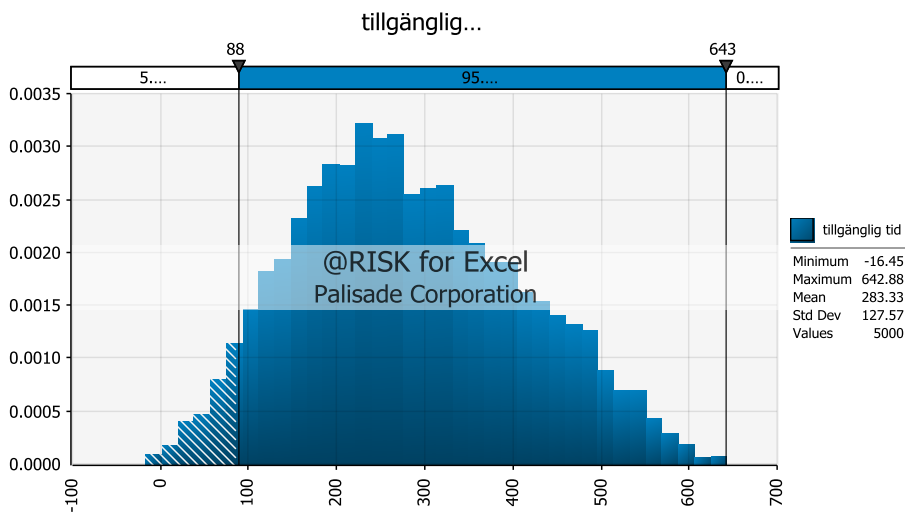
**Tabell 8.4. Fördelningar av tider med triangelfördelningar. Hämtat från brandscenario 8 – Lilla Scenen innan åtgärdsförslag tagits fram.**

| Varseblivningstid [s] | Förberedelsetid [s] | Förflyttningstid [s] | Tid till kritiska förhållanden [s] |
|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|
| Uniform(30;90)        | Triang(20;50;90)    | Triang(140;170;210)  | Triang(300;510;900)                |

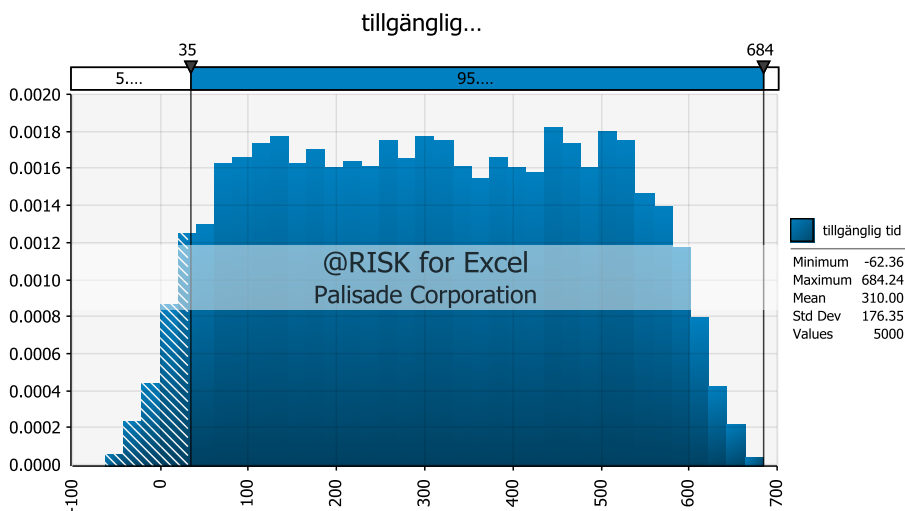
**Tabell 8.5. Fördelningar av tider med enbart uniforma fördelningar.**

| Varseblivningstid [s] | Förberedelsetid [s] | Förflyttningstid [s] | Tid till kritiska förhållanden [s] |
|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|
| Uniform(30;90)        | Uniform(20;90)      | Uniform(140;210)     | Uniform(300;900)                   |

I Figur 8.2 och Figur 8.3 redovisas resultatet från simuleringarna i @risk.



Figur 8.2. Resultat från simulering i @risk med värden tagna från Tabell 8.4, där triangel fördelningar förekommer.



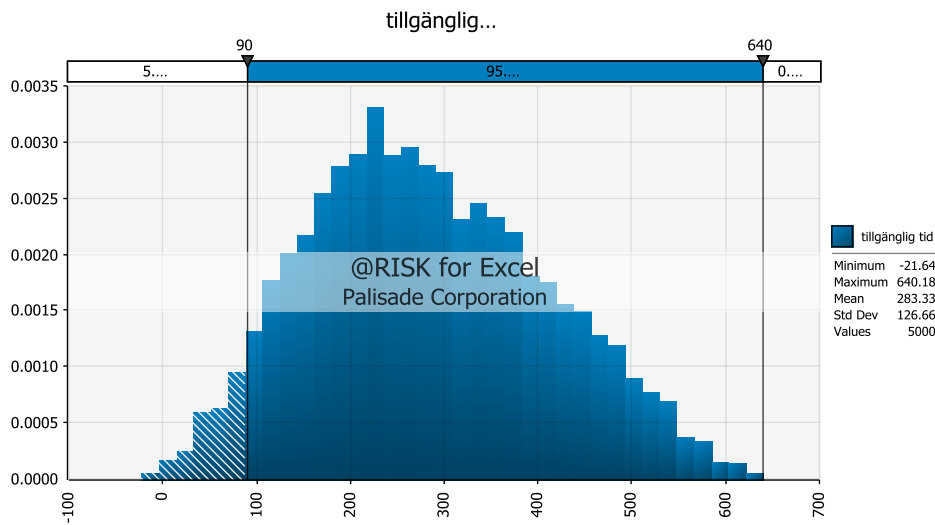
Figur 8.3. Resultat från simulering i @risk med värden tagna från Tabell 8.5, där endast uniforma fördelningar av tiderna används.

Som visas i Figur 8.2 och Figur 8.3 innebär en simulering med uniform fördelning att spannet mellan min- och maxvärdet ökas. När triangel fördelning används minskas intervallet mellan det högsta och det lägsta värdet, vilket ger ett mer entydigt resultat med färre osäkerheter. I de fall där triangel fördelning används är det således viktigt att de representativa värdena väljs ut korrekt. Om detta görs innebär det att osäkerheterna i resultatet minskas. När det råder osäkerheter kring en variabel bör, enligt resultatet ovan, en uniform fördelning väljas.

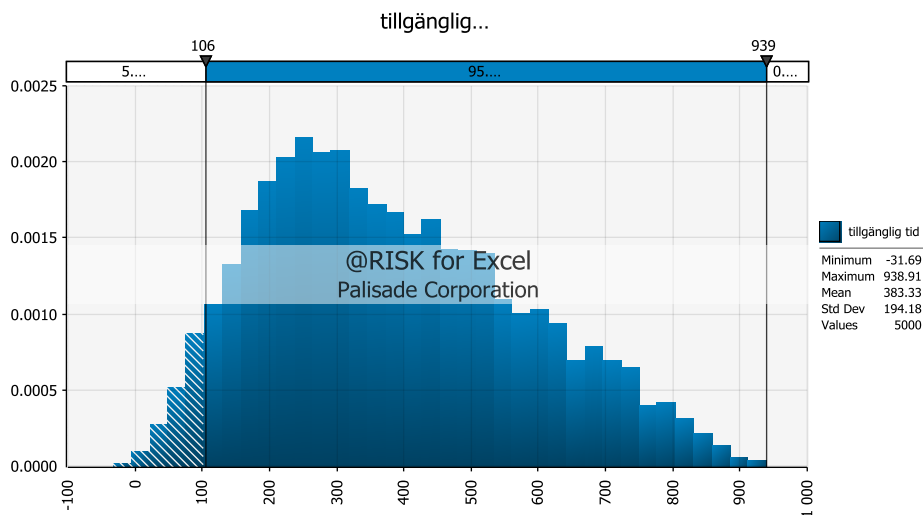
### 8.5 Maximal tid till kritiska förhållanden

I scenario 8 – Lilla Scenen så uppstår inte kritiska förhållanden för några av de olika effektutvecklingarna. Den maximala tiden i triangel fördelningen sätts i detta fall till 900 sekunder. Nedan redovisas en känslighetsanalys över hur mycket valet av denna maximala tid påverkar säkerhetsmarginalen. Som utgångspunkt väljs resultatet från scenario 8 – Lilla Scenen då inga åtgärder föreslagits. Det som ändras är maximala tiden till kritiska förhållanden, ändringen görs till 600 respektive 1200 sekunder. Dessa simuleringar i @risk redovisas i Figur 8.4 och Figur 8.5

Som ses i figurerna nedan så har valet av den maximala tiden en relativt lite påverkan på säkerhetsmarginalen. Skillnaden mellan de olika simuleringarna är cirka 15 sekunder vilket gör att antagandet om 900 sekunder som maximal tiden till kritiska förhållanden som används i rapporten bedöms vara acceptabel.



Figur 8.4. Säkerhetsmarginal. Simulering från @risk när den maximala tiden till kritiska förhållanden sätts till 600 sekunder.



Figur 8.5. Säkerhetsmarginal. Simulering från @risk när den maximala tiden till kritiska förhållanden sätts till 1200 sekunder.





## 9 Diskussion

Nedan följer resonemang och diskussioner kring denna rapport. Osäkerheter tas även upp i detta avsnitt. Diskussionen delas upp i två delar, en där resultaten för de olika brandscenerierna diskuteras samt en avslutande del där diskussion görs om delar som berör hela rapporten.

### 9.1 Resultat utan åtgärder

Nedan följer en diskussion av resultatet innan åtgärdsförslag har lagts fram. Resultatet från simuleringarna i FDS, CFAST och Simulex visar att utrymningen i två av tre scenarier inte kan säkerställas och att åtgärder ska vidtas.

#### 9.1.1 Källarplan

Under varje scenario står det beskrivet vilken dimensionerande brand som används. För garderobsbranden används Johansson (2004) som källa till branden, vilket bedöms som en trovärdig källa eftersom siffrorna kommer från fullskaliga försök.

Branden i frigolitfiguren är tagen från Särdaqvist (1993). Osäkerheterna kring detta scenario grundar sig i flera faktorer. I försöket används en tändkälla på 1000 kW, vilket är stort och gör att brandförloppet är snabbare än om en mindre tändkälla hade använts. Det bedöms osannolikt att tändkällan på frigolitfiguren i nattklubben skulle vara så stor som 1000 kW. Dessutom mättes frigolitfiguren aldrig och därför har det uppskattats att figuren har måtten 1,5 x 1 x 1 [m] vilket skiljer sig något från måtten i Särdaqvists försök.

En annan osäkerhet kring den dimensionerande branden är typen av frigolit i figuren. Cellplast kan se ut på många sätt med olika densitet och detta påverkar hur stor effektutvecklingen blir. Värdet på *soot yield* är taget från Wade (2008) och det gäller för *polystyrene foams*. Här existerar också osäkerheter om exakt vilken typ av frigolit som figuren består av men värdet är konservativt och därför bedöms osäkerheten vara hanterad.

Sprinkleraktiveringen sker efter en relativt lång tid, detta beror på att det framräknade RTI-värdet från laborationen är högt,  $390 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ . Laborationens pålitlighet diskuteras längre ned i detta kapitel.

#### 9.1.2 Entréplan

Då ett probabilistiskt angreppssätt används för att ta fram effektutvecklingen för branden för detta scenario har flertalet effekter och tillväxthastigheter simulerats. Vilken effekt och tillväxthastighet som bedöms mest trolig är svårdefinierat men det högsta värdet som har angetts som högsta troliga värde i fördelningarna är 6,7 MW med *fast* tillväxthastighet. Det representerar en stor brand som växer snabbt, men vars effekt dämpas av att sprinklersystemet aktiveras. Att en brand skulle nå högre effekt bedöms osannolikt både på grund av sprinkleraktivering och begränsat med brännbart material. Som lägsta värde används en 1 MW brand med medium tillväxthastighet, vilket anses rimligt. Det representativa värdet är taget från en brand på 3 MW med medium tillväxthastighet, ett värde som ofta är detsamma för alla simuleringar med medium tillväxthastighet oavsett maximal effektutveckling. Resonemanget innebär att värdena från en 10 MW och 7 MW brand aldrig används i beräkningarna. 10 MW är satt som rekommenderat värde för samlingslokaler enligt (Boverket, 2011) men resonemanget kring denna effekt är att den bedöms vara för konservativ, på grund av dess höga effektutveckling. Det skulle även krävas att sprinkleraktiveringen fallerar vilket bedöms som osannolikt, se avsnitt 8.1.1 under *känslighetsanalys*. Det är således viktigt att sprinklersystemet underhålls på ett korrekt sätt. Att använda dessa värden i en triangelfördelning bedöms som representativt och tillräckligt konservativt. Samma resonemang för fördelningar används när åtgärder verifieras.

## 9.2 Resultat med åtgärder

De åtgärder som har lagts fram som förslag för att säkerställa utrymningen är lägre RTI, brandgasfläktar, utbildning av personal, öppna upp spegelväggen och att ändra maximalt personantal i lokalerna. Sammanfattningsvis är brandgasfläktar den mest effektiva åtgärden, men ur ett ekonomiskt perspektiv även bland de mest krävande. Enligt beräkningar i denna rapport är åtgärden nödvändig på källarplan för att uppnå målet med en säker utrymning. Brandgasfläkten kan med fördel kombineras med andra enklare åtgärder för öka dess effekt ytterligare.

### 9.2.1 RTI $50 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$

Genom att byta ut de befintliga sprinklerhuvudena mot nya med ett lägre RTI på  $50 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$  skulle sprinkleraktivering ske snabbare. Detta värde tas eftersom det motsvarar en sprinkler med *fast response*. Analysen visar dock att tiden till kritiska förhållanden inte skulle påverkas av enbart denna åtgärd eftersom kritiska förhållanden uppnås innan sprinkleraktivering. Trots detta anses åtgärden vara viktig eftersom den i kombination med brandgasfläktar förbättrar situationen avsevärt jämfört med om brandgasfläktar skulle installeras utan att även byta ut sprinklerhuvudena. Det beror på att tiden till kritiska förhållanden blir längre om brandgasfläktar används vilket, i kombination med det lägre RTI-värdet, skulle medföra att sprinklersystemet aktiveras och dämpar brandens effektutveckling innan kritiska förhållanden hinner uppstå. På så vis blir en åtgärd som kombinerar en förbättring av sprinklersystemet och installation av brandgasventilation effektiv.

### 9.2.2 Brandgasfläktar

Nedan diskuteras åtgärden som innebär att brandgasfläktar installeras.

#### 9.2.2.1 Källarplan

Installation av brandgasfläktar på källarplan medför att flödet av luft genom lokalen ökas. Det bör därför utredas om de befintliga donen kan användas i lokalerna eller om det måste installeras nya don för att inte det ska uppstå höga hastigheter i ventilationskanalerna. Höga hastigheter skulle medföra en försämring av brandgasfläktens effekt. Detta utreds inte närmare i denna rapport.

Sammantaget görs bedömningen att brandgasfläktar är ett bra alternativ för Berns. Eftersom påverkan på den befintliga interiören inte är önskvärd, skulle en installation i det befintliga systemet vara fördelaktigt jämfört med en nyinstallation. När fläktarna aktiveras skapas ett undertryck i lokalen. Om undertrycket är stort kan det medföra att stängda dörrar blir svåra att öppna, vilket skulle försämra utrymningssituationen. Ett sätt att åtgärda detta är att installera automatiska dörröppnare som skulle aktiveras samtidigt som brandgasfläktarna. Denna lösning är också nödvändig för att tilluften in i lokalen ska vara tillfredställande för att brandgasfläktarna ska fungera optimalt. Uptill detta behöver det mekaniska tilluftsflödet in i lokalen ökas för att säkerställa att det inte bildas ett för stort undertryck.

Kostnaden för detta system är också en relevant fråga då ekonomin ofta är en begränsande faktor. Rent ekonomiskt är denna åtgärd mest krävande men också den åtgärd som förbättrar utrymningssituationen mest och dessutom minskar skadorna på lokalen. Att brandgaserna snabbt transporteras ut innebär att rökskadorna blir mindre och att den allmänna påverkan på lokalen inte blir lika omfattande. Nyttan anses därmed väga upp kostnaderna för åtgärdsförslaget.

#### 9.2.2.2 Entréplan

Att installera brandgasfläktar är enligt simuleringarna ett effektivt sätt att hålla brandgaslagret på en acceptabel nivå. En CFAST-simulering där brandgaserna dras ut från taket i lokalen, ger ett bra resultat och tiden till kritiska förhållanden blir betydligt längre. Vid försöken med brandgasfläktar som har kapaciteten 10 m<sup>3</sup>/s kommer kritiska förhållanden enligt analysen inte uppstå för besökarna.

#### 9.2.3 Utbildning av personal och attraktiva utrymningsvägar

Utbildning av personal och attraktiva utrymningsvägar medför att besökarna i större utsträckning går till närmaste utrymningsväg, vilket skulle minska flödet och köbildningen vid huvudentrén. Som diskuterats tidigare har människor en tendens att utrymma via den väg de kom ifrån eller via de utgångar som är mest attraktiva, det vill säga ljusa och inbjudande. Utbildning av personalen är tänkt vara utformad så att personalen vet sin roll när utrymning sker och kan hjälpa människor att utrymma och visa vägen. Detta är ett enkelt och kostnadseffektivt sätt att minska utrymningstiden. Att göra utrymningsvägarna mer attraktiva är också enkelt och innebär till exempel regelbunden kontroll att utrymningsskyltarna lyser, att utrymningsvägarna inte är blockerade och att det är tydligt var utrymning kan ske. Kostnadsmässigt är denna åtgärd effektiv i förhållande till den positiva effekt på personsäkerheten som den innebär.

#### 9.2.4 Spegelväggen

Åtgärden att öppna upp spegelväggen leder till att utrymning lättare kan ske om spegelväggen är uppe och även att det finns en större volym för brandgaslagret att spridas ut på. Det är tänkt att väggen tas bort automatiskt vid brand. Som det ser ut i nuläget är det samma gräns för maximalt antal besökare både när spegelväggen är uppe eller nere trots att öppningen vid spegelväggen bedöms vara en stor och attraktiv utrymningsväg från Stora Salongen. Denna åtgärd bedöms kostnadseffektiv eftersom att det inte krävs speciellt stora om- eller tillbyggnader i lokalerna.

### 9.3 Övergripande diskussion

Nedan diskuteras de frågor och problem som berör hela rapporten.

#### 9.3.1 Övergripande avgränsningar

En avgränsning som görs i denna rapport är att personsäkerheten i händelse av brand endast utvärderas under nattklubbens verksamhet. Denna avgränsning bedöms vara skälig eftersom det vid dessa tillfällen befinner sig fler personer än vid andra tillfällen, vilket gör att det representerar det värsta troliga scenariot. Anledningen till att personsäkerheten inte utreds för hotellgästerna grundar sig i att en eventuell brand troligtvis inte kommer att påverka nattklubsverksamheten och hotelldelen samtidigt. Att göra en brandteknisk riskvärdering på hotelldelen hade inneburit ett helt annat arbete med andra förutsättningar och resultat. Återigen med argumentet att nattklubbens verksamhet utgör det värsta troliga scenariot i byggnaden och på grund av tiden som denna rapport har till sitt förfogande utreds inte personsäkerheten i hotelldelen av Berns i Stockholm.

#### 9.3.2 Val av brandscenarier

De brandscenarier som tas med i rapportens grovanalys grundar sig i det platsbesök som gjordes på Berns. Eftersom dessa brandscenarier bygger på ett enskilt besök förekommer vissa osäkerheter kopplat till detta. Till exempel varierar verksamheten i lokalerna under året vilket innebär att inredningen kommer att bytas ut och möbleringen ändras. Denna förändring är svår att förutse under ett platsbesök. På grund av att brandscenario 4 – Frigolitfigur har tagits med i rapporten bedöms det att denna variation i viss mån täcks in i rapporten. I och med detta brandscenario har det uppmärksamats hur viktigt det är att även tillfällig inredning är brandklassad. En översyn av det systematiska brandskyddsarbetet angående tillfällig inredning skulle kunna innebära att hela

verksamheten förbättrar brandskyddet i detta avseende. Det skulle kunna minska risken att brännbart material ställs på olämpliga platser samt öka medvetenheten om konsekvenserna som en eventuell brand skulle medföra.

I rapporten förutsätts det att möblerna och inredningen är klassade enligt angiven standard som finns beskrivet i brandskyddsdocumentationen (Brandskyddslaget, 2009). Om denna klassning inte gäller skulle grovanalysen av brandscenerierna se annorlunda ut. Det skulle då finnas en anledning att omvärdera sannolikhet och konsekvens för de scenarier som innefattar möbler och annan lös inredning. Bedömningen görs dock att de möbler och annan lös inredning som finns i byggnaden, i de flesta fall, håller den nivå på brandskyddsklassning som föreskrivs. Gällande frigolitfiguren undersöks fallet när brandklassningen inte efterföljs och vilka konsekvenser det kan ge.

### 9.3.3 FDS

Nedan redovisas diskussionen kring FDS-simuleringarna som gjorts på källarplan för brandscenario 1 – Garderoben samt brandscenario 4 – Frigolitfigur.

Generellt tillämpas ett konservativt förhållningssätt när kritiska förhållanden i källaren beräknas. Detta är bland annat en följd av svårigheten i att bedöma visuella resultat från en FDS-simulering. En *slicefile* visar ofta värden som fluktuerar kraftigt över tiden på grund av den turbulens som uppstår. Utöver att värdena varierar över tiden, varierar de också över rumsvolymen. *Slicefilen* ger således ofta en mer verklig bild av ett brandförlopp än vad en punktmätning gör, men vid bedömningen saknas det konkreta siffror att utgå från. Vad som anses vara kritiska förhållanden kan därför variera beroende på hur bedömningen görs. Ett sätt att minska osäkerheten i resultatet har varit att använda flera olika *slicefiles* och göra en sammanvägning av dessa. Dessutom har i vissa fall de visuella observationerna jämförts med punktvärden som plottats i Excel för att få ett så representativt värde som möjligt. Osäkerheterna i bedömningen och det konservativa förhållningssättet som ofta tillämpats bör ha i åtanke när resultatet i rapporten används.

FDS är uppbyggt på ett sätt som gör att det inte fullständigt går att anpassa den simulerade brandens effektutvecklingskurva efter de teoretiska kurvorna. Effektutvecklingen har i efterhand kontrollerats för varje simulering för att se till att brandens storlek inte underskattas i simuleringen. I de fall där den simulerade effektutvecklingen överstiger den teoretiska något, bedöms simuleringens resultat vara tillförlitligt. Detta resulterar också i konservativa tider till kritiska förhållanden.

Vid användning av brandgasventilation, är det önskvärt att ett relativt stabilt brandgaslager bildas. Ett antal simuleringar har genomförts med olika från- och tilluftsflöden och med donen placerade på olika positioner på källarplan. I samtliga av dessa simuleringar sker omblandning av brandgaserna i brandrummet. Minst omblandning sker när ventilationen enbart ökas i brandrummet och intilliggande rum följaktligen behåller ett normalt ventilationsflöde. I rum där brandgasventilation används, måste även den mekaniska tilluften ökas. För att få en uppfattning av hur mycket mekanisk tilluft som krävs, mäts hastigheten på gaserna som strömmar in i lokalen i simuleringarna. Utifrån hastighetsmätningarna och brandgaslagrets omblandning i simuleringarna, utläses att det krävs cirka 80 procent av brandgasventilationens flöde i mekanisk tilluft. Detta är av extra stor vikt om onödig turbulens och omblandning av brandgaser ska undvikas, eftersom en omblandning av brandgaserna påverkar de personer som utrymmer negativt. Den mekaniska tilluften är också betydande för att inte ett stort undertryck ska bildas i lokalen, vilket skulle leda till att dörrarna blir svåra att öppna. En för hög frånluftshastighet skulle innebära en risk att det bildas ”hål” i brandgaslagret, något som skulle ha till följd att brandgaserna inte sugts ut. Det är följaktligen av stor vikt att åtgärder vidtas för att hålla

hastigheterna på en rimlig nivå. Detta görs genom att se till att donens areor är tillräckligt stora och att det mekaniska tillflödet av luft är tillräckligt stort.

Den turbulens som uppstår i simuleringarna, som gör att brandgaserna inte bildar ett stabilt skikt, är troligtvis en av orsakerna till att det krävs ett relativt högt flöde på brandgasventilationen. Vid simuleringen med det lägre flödet,  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , är det omblandningen i mitten av rummet som skapar osäkerheter kring huruvida åtgärden är tillräcklig. Om det kan åtgärdas så att omblandningen i rummet minskas, skulle sannolikt  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  vara ett tillräckligt högt flöde för att med stor säkerhet kunna konstatera att kritiska förhållanden inte uppstår. I simuleringen med en brandgasventilation på  $35 \text{ m}^3/\text{s}$ , sker också en omblandning, men där är flödet så högt att kritiska förhållanden trots detta inte uppstår. Det är alltså sannolikt att det räcker med en fläkt som har ett lägre flöde än  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  om turbulensen åtgärdas. Detta kan utredas med fler simuleringar, där olika placering av don och storleken på dessa provas, samt att öppningarna in i lokalen varieras för att se vilka förhållanden som är mest gynnsamma. Anledningen till att detta inte utreds vidare i denna rapport, är den tidsbegränsning som råder.

En av de parametrar som bedöms vara mest avgörande när det gäller siktförhållandena i FDS är, som nämns i *Bilaga H: Simuleringar*, visibility factor. I simuleringarna som utförs väljs det mer konservativa värdet 3, eftersom inte alla skyltar är genomlysta. Om alla utrymningsskyltar skulle vara genomlysta skulle, med relativt stor säkerhet, tid till kritiska förhållanden påverkas nämnvärt eftersom det i samtliga scenarier på källarplan är sikten och brandgaslagret som når kritiska nivåer först.

I denna rapport läggs fokus på att finna fungerande åtgärder för garderobsbranden. Viktigt att ha i åtanke är att samma åtgärder behövs i den intilliggande lokalen, Galleriet. En brand i Galleriet når, vilket visas i simuleringen som gjordes för frigolitfiguren, snabbt kritiska förhållanden på flera punkter. Frigolitbranden har visserligen en hög sotpotential men utgör i övrigt inte något extremfall. Detta innebär att även om figuren avlägsnas så behövs åtgärder som klarar av att hantera en liknande brand. En trolig orsak till att kritiska förhållanden uppstår på kort tid är den låga takhöjden. Dessa förhållanden talar för att brandgasventilation med samma effekt som i garderobsavdelningen bör installeras, även om effektutvecklingen troligtvis inte når samma nivåer som en brand i garderoben.

*Spread rate-funktionen* ser till att den dimensionslösa effektutvecklingen,  $\dot{Q}^*$ , ligger inom giltigt intervall under tillväxtfasen av branden.  $\dot{Q}^*$  hamnar dock utanför detta intervall när sprinkleraktivering sker och effekten sänks till en tredjedel av den maximala, fördelad över hela bränsleytan. Risken blir då att branden delar upp sig i små flammor som brinner fläckvis över bränsleytan. Branden återspeglas då inte längre på ett representativt sätt, men eftersom det ofta är relevant att undersöka om kritiska förhållanden uppstår under tillväxtfasen, före sprinkleraktivering, så bedöms denna avvikelse inte påverka simuleringens resultat nämnvärt.

#### 9.3.4 CFAST

Simuleringarna i CFAST visar en bild av hur snabbt kritiska förhållanden uppstår. Programmet ger en förenklad bild av verkligheten eftersom CFAST har ett antal begränsningar. Ett viktigt antagande som görs är tvåzonsmodellen. CFAST delar upp lokalen i två zoner, en övre zon som representerar brandgaslagret och en undre zon som ligger under brandgaslagret. Detta medför till exempel att temperaturen och andra förhållanden i de båda zonerna är densamma i hela zonen. Rimligtvis borde temperaturen och sikten vara värre högst upp i lagret, och i den undre delen av zonen vara lägre eftersom ett stort utbyte skulle ske med den omgivande luften. Men eftersom inga utbyten mellan zonerna sker i CFAST blir resultatet inte exakt överensstämmande med verkligheten. Eftersom

transporttiden av brandgaserna inte tas med i beräkningarna i CFAST, underskattas tiden det tar att rökfylla en lokal (Peacock, et al., 2009).

De kriterier som används för att bestämma kritiska förhållanden är tagna från BBRAD där rekommenderade nivåer för kritiska förhållanden ges. Dessa kriterier består utav 5 punkter som bör uppfyllas för att en säker utrymning ska kunna ske. När jämförelser med resultaten från CFAST och dessa kriterier utförs uppstår det en del problem på grund utav tvåzonsmodellen. Detta eftersom alla värden är tagna från det övre lagret, brandgaslagret. Detta leder egentligen till att bara höjden på brandgaslagret påverkar utrymningssäkerheten. Tas istället värden på temperatur, toxicitet och sikt från det undre lagret, där utrymningen sker, erhålls låga värden som ger ett icke konservativt resultat. I verkligheten är det inte bara två olika zoner utan alla värden varierar mellan taket ner till golvet. På grund av dessa problem används tiden till kritisk höjd på brandgaslagret som riktlinje för tiden till kritiska förhållanden.

Geometrin för lokalen är förenklad i simuleringarna. I CFAST ska lokalerna vara rätblock vilket gör att till exempel scenen, det välvda taket och balkongerna tas bort i geometrin. Denna förenklade bild av verkligheten påverkar hur snabbt lokalen rökfylls. Med tanke på programmets alla begränsningar och förenklingar bedöms just begränsningen med geometrin dock inte påverka resultatet nämnvärt, eftersom volymen på lokalen är i samma storleksordning som den verkliga volymen.

Brandens placering i lokalen är satt utan att branden har kontakt med väggar eller tak vilket i ett verkligt försök har stor betydelse på brandspridning och hur snabbt förloppet sker. Hade branden stått intill en vägg hade flamhöjden blivit högre och mer brännbart material hade kommit i kontakt med flammen. Det görs ingen vidare analys av detta fenomen i rapporten.

En osäker faktor som påverkar resultatet är materialet som väggarna består av. På platsbesöket gjordes ingen observation av vad väggen bestod av och i simuleringarna görs antagandet att det yttersta lagret på väggen är en gipsskiva. Gipsskivans egenskaper påverkar hur stor konvektiv värmeöverföring som sker mellan brandgaserna och väggen och taket. Gipsskivorna har ett relativt lågt konvektiv värmeövergångstal (Karlsson & Quintiere, 2000) och därför bedöms antagandet om gipsskivor som vägg och takmaterial som konservativt.

I scenariot med scenbranden är brandobjektet inte specificerat vilket gör till exempel siktberäkningarna osäkra. I dessa fall har rekommenderade värden som är tagna från Hultquist (2000) använts och då består brandobjektet av trä. För den kemiska sammansättningen, som påverkar bland annat toxiciteten används riktlinjer från BIV och de värden som används här bedöms lämpliga och baseras på ett förbränningsvärme för en blandning av trä och polyuretan, vilket är en trolig sammansättning i en byggnad (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.).

I simuleringarna som har utförts med brandgasfläktar finns det en del osäkerheter. Tvåzonsmodellen anses inte giltig när det är för stora luftflöden. Detta beror på att luftens omrörning är så pass stor att tvåzonsmodell inte kan antas gälla. Men eftersom flödet i simuleringen kommer från taket och suger ut luft blir omrörningen inte så stor och modellen anses giltig. Ytterligare modellering i till exempel CFD kan dock vara nödvändig för att se effekter av turbulens. Hade flödet istället suttit lågt placerat, så att luften rörts om mycket, hade det ansetts felaktigt att anta tvåzonsmodell.

Allt luftflöde sker i simuleringen genom ett enda luftdon. Detta anses acceptabelt eftersom CFAST i princip förflyttar en kontrollvolym av brandgaser från brandrummet till utemiljön. Huruvida resultatet hade förändrats om flödet hade delats upp på flera don är osäkert men bedöms i denna tvåzonsmodell inte spela särskilt stor roll. Om denna åtgärd utförs i verkligheten påverkar antalet don luftflödet, men i

modelleringen är det bara det totala flödet som gör någon skillnad för tiden till kritiska förhållanden. Det har utförts en känslighetsanalys huruvida arean på detta don påverkar höjden på brandgaslagret men resultaten blev likvärdiga när försök utfördes med både stor respektive liten area på donet.

### 9.3.5 Utrymningstid

I utrymningssimuleringarna tas ingen hänsyn till att besökarna som befinner sig på entréplan kommer att vilja hämta sin jacka nere på källarplan. Detta görs inte eftersom det i Simulex inte finns någon känd metod för att modellera ett sådant beteende. I en verklig utrymningssituation kommer det att finnas vissa individer som söker sig neråt källaren för att hämta sin jacka, vilket kommer att påverka utrymningstiden negativt eftersom de kommer att vara ett hinder för de som utrymmer från källarplanet. Dock kan vakterna påverka besökarna till att inte gå ner mot källarplan för att hämta sin jacka, utan istället utrymma byggnaden. Med tanke på att det gjorts konservativa simuleringar i Simulex, exempelvis när alla besökare väljer att utrymma via huvudentrén anses det att resultaten från dessa simuleringar väger in ett sådant beteende.

*Response time*, vilket motsvarar förberedelse- och varseblivningstid för Simulex-simuleringarna sätts till noll eftersom fördelningarna för varseblivningstiden och förberedelsetiden adderas i efterhand. Att *response time* sätts till noll påverkar utrymningssituationen i form av att alla påbörjar utrymningen samtidigt. Det gör att de flaskhalsar som förekommer i byggnaden kommer att förvärras eftersom alla försöker utrymma genom dessa samtidigt. Detta bedöms dock vara en acceptabel avgränsning eftersom möjligheten att addera fördelningar för varseblivning- och förberedelsetiden väger upp den negativa effekten med flaskhalsarna i utrymningssituationen. Dessutom är förlängningen av utrymningstiden relativt liten och ger ett konservativt resultat.

Gånghastigheten i Simulex sätts till 1 m/s, vilket bedöms vara en rimlig hastighet. De flesta gånghastigheter som är definierade i Simulex ligger inom detta område. 1 m/s ligger något i överkant, vid jämförelse med övriga gånghastigheter som är fördefinierade i Simulex, vilket bedöms vara rimligt eftersom det förväntas befinna sig personer som inte har svårigheter att förflytta sig. Hastigheten kommer att ha mindre betydelse eftersom det blir köbildning relativt snabbt i de flesta simuleringar, vilket innebär att en hög förflyttningshastighet inte kommer att vara till någon större fördel för utrymningen.

Alla personer i byggnaden antas vara besökare i utrymningssimuleringarna, personalens närvaro i lokalerna försummas. Personalen har enligt tidigare undersökningar en lägre förberedelsetid vilket skulle innebära att utrymningstiden för dessa individer förkortas (Frantzich, 2000). Detta antagande bedöms vara acceptabelt eftersom den största delen av personerna i lokalen är besökare. Hade en simulering utförts med personal som har kortare förberedelsetid tillsammans med besökarna bedöms att resultatet skulle blivit närapå likvärdigt.

En persons förmåga att omvärdera ett beslut om utrymningsväg kan inte representeras i Simulex, vilket innebär att köbildningar som inte skulle inträffa i en verklig utrymningssituation, uppstår i simuleringarna. På grund av att det görs flera olika simuleringar där personerna i Simulex definieras att ta olika utgångar fås en fördelning av förflyttningstiden vilket anses representera en verklig utrymningssituation.

Det 95-procentiga ensidiga konfidensintervall som används för uträkning av säkerhetsmarginalen bedöms vara tillfredställande för att få ett rimligt resultat. Det är inte försvarbart att använda ett 100-procentigt konfidensintervall eftersom det kommer ge ett alldeles för konservativt resultat. Med andra

ord bedöms det inte sannolikt att maximal effektutveckling, lång förflyttningstid, lång förberedelsestid samt lång varseblivningstid skulle inträffa samtidigt.

Rapporten *Utrymning av nattklubb – resultat av två fullskaleförsök* (Nasr & Wall, 2012) som används för att ta fram förberedelsestiden bedöms vara en tillförlitlig källa. Huvudsakliga anledningen till detta är att rapporten bygger på resultat från verkliga försök. Resultatet i rapporten bygger på två försök, vilket kan anses som få, men det vägs upp av att det är fullskaleförsök i verklig nattklubbmiljö. Resultatet från de båda nattklubbarna skiljer sig åt. Detta beror på att vakterna i ena försöket hjälpte till vid utrymningen och i det andra gjorde de ingenting. Det var således en variation av resultatet men i huvudsak var förberedelsestiderna liknande i de båda försöken.

I BBRAD finns rekommenderade värden på förberedelsestid i nattklubbmiljö. Den tiden är 3-5 minuter för besökare (Boverket, 2011). Det är en väldigt hög tid jämfört med Nasr och Wall som anger en förberedelsestid på 20-90 sekunder (Nasr & Wall, 2012). Värden från BBRAD bedöms som lite för konservativa och eftersom Nasr och Wall har testat i fullskaliga försök används resultaten från deras försök.

### 9.3.6 Handberäkningar

Nedan följer diskussion av de handberäkningar som gjorts för att verifiera simuleringarna i FDS och CFAST, samt de beräkningar som gjorts för att kontrollera när respektive brand blir ventilationskontrollerad. Dessutom diskuteras de strålningsberäkningar som gjorts för att kontrollera när kritiska strålningsnivåer uppkommer för de olika brandscenerierna samt handberäkningar som gjorts för förflyttningstiden.

#### 9.3.6.1 Brandgaslagrets höjd utan åtgärder

I beräkningsgången görs ett antal antaganden, bland annat att det inte sker någon tryckuppbyggnad i lokalen. Öppningarna in i lokalerna som beräkningarna görs på antas vara tillräckligt stora för att motverka denna uppbyggnad av tryck. Det översta lagrets, brandgaslagrets densitet, antas vara konstant över hela rökfyllnadsprocessen. Denna metod är giltig när lokalen är stor i förhållande till effektutvecklingen (Karlsson & Quintiere, 2000). Denna avgränsning anses vara helt uppfylld i Stora Salongen på grund av dess stora volym.

I garderobsavdelningen och Galleriet är det en annan situation. Det är en mindre volym i dessa lokaler men samtidigt är effektutvecklingen mindre. Kombinationen av detta gör att modellen bedöms vara tillämpbar även för utrymmena på källarplan. För att kontrollera om beräkningarna är korrekta ska det enligt beräkningsgången, se *Bilaga A: Handberäkningar*, göras en kontrollberäkning på den antagna densiteten på brandgaserna. Det finns dock en begränsning med denna kontrollberäkning som gör att formeln inte är giltig vid längre tider. Formeln är inte giltig eftersom när tiden sätts till en hög siffra kommer värmeförlusterna från brandgaserna till väggarna och taket att beskrivas inkorrekt av formeln och den kommer visa på en lägre temperatur än den som skulle uppnås i ett verkligt fall. För att få fram ett rimligt värde på densiteten tas temperaturen från simuleringarna. Detta är inte helt korrekt men det antas vara rimligt att göra eftersom det inte går att verifiera densiteten med hjälp av kontrollformeln. I handberäkningarna används Zukowskis plymmodell och i CFAST används McCafferys (Karlsson & Quintiere, 2000). Denna skillnad bedöms ha mindre betydelse eftersom skillnaden mellan dessa modeller är relativt liten.



#### 9.3.6.2 Brandgaslagrets höjd med brandgasfläktar

I *Bilaga A: Handberäkningar* för brandscenario 8 - Lilla Scenen, redovisas med handberäkningar vad brandgaslagret ligger på för höjd vid en given tid. Jämförelsen med resultaten från CFAST visar att det skiljer sig 0.55 meter mellan resultaten. Denna skillnad bedöms vara godtagbar eftersom den totala takhöjden är så stor och resultaten från CFAST är giltiga. CFAST tar hänsyn till fler faktorer i sina beräkningar än vad handberäkningar gör och det är därför resultaten inte är helt likvärdiga. Dessutom har handberäkningarna baserats på Zukowskis plymmodell och i CFAST används McCaffreys plymmodell vilket innebär en viss skillnad (Karlsson & Quintiere, 2000).

För brandscenario 1 – Garderoben visar handberäkningarna att höjden till brandgaslagret från golvet är högre än själva takhöjden. Eftersom handberäkningarna inte räknar med en maximal takhöjd kan värdet inte direkt jämföras med resultaten från simuleringarna. Dock visar handberäkningarna att brandgasfläkten håller höjden på brandgaslagret på en tillåten nivå.

#### 9.3.6.3 Tid till ventilationskontrollerad brand

Avgränsningen att det befintliga ventilationssystemet inte tas med i beräkningarna bedöms vara acceptabel, eftersom anledningen till att dessa beräkningar görs är för att få en uppskattning om när branden blir ventilationskontrollerad. Om det befintliga ventilationssystemet skulle tas med i beräkningarna skulle detta innebära att ytterligare ett flöde av luft tillkommer i lokalen. Detta skulle i sin tur generera en högre effektutveckling eftersom branden får tillgång till ytterligare syre. Avgränsningen gör således att den maximala effektutvecklingen underskattas. I beräkningarna som utförts för garderobsbranden observeras att det tar 530 sekunder innan branden når den maximala effekten på 13,2 MW. Innan denna tid till maximal effekt har kritiska förhållanden uppstått i lokalen. Detta innebär att åtgärdsförslag kommer att läggas fram för att motverka att branden innan detta når den maximala effektutvecklingen.

Begränsningarna med modellen innebär bland annat att temperaturen måste vara högre än 300°C. Detta bedöms vara uppfyllt för detta fall med tanke på storleken på lokalerna i källarplanet i förhållande till effekten. En effekt på 13,2 MW kommer att innebära en temperatur på över 300°C på grund av det relativt stora förhållandet mellan brandens effekt och lokalens storlek.

#### 9.3.6.4 Strålningsberäkningar

Det angreppssätt som valts för att kontrollera den kritiska strålningsintensiteten vid utrymning har vissa begränsningar. Eftersom strålningsintensiteten beräknas vid en specifik tid kan metoden inte användas för att räkna ut den faktiska tiden till kritisk strålningsintensitet. Däremot kan den användas för att avgöra om kriterierna är uppfyllda vid den specifika tidpunkt som beräkningen görs för, vilket i detta fall är tillräckligt för att avgöra om kritiska strålningsförhållanden inträffar före eller efter denna tidpunkt. Med andra ord utförs en kontroll för att verifiera den tid till kritiska förhållanden som redan tagits fram genom att jämföra strålningsintensiteten vid denna tid med kriterier för värmestrålning. I de scenarier där kritiska förhållanden inte uppstår, kontrolleras strålningsnivån istället för den tidpunkt när strålningsintensiteten är högst. Detta innebär att det som kontrolleras i dessa fall är om kritiska förhållanden uppstår eller inte.

Strålningsberäkningarna som görs för att kontrollera om brandspridning sker visar att branden i scenariot med frigolitfiguren kan sprida sig till den intilliggande baren, se. *Bilaga C: Brandspridning*. Detta behandlas inte vidare utan det bedöms att detta täcks in av det befintliga scenariot. Anledningen till detta är att effektutvecklingskurvan som används i scenariot är konservativ eftersom den bygger på ett försök där en större mängd frigolit än den i scenariot har använts. Detta innebär att maxeffekten som används för frigolitfiguren är överskattad och därför bedöms kunna inkludera även den effekt som

utvecklas av den begränsade bränslemängden i baren. Dessutom är tillväxthastigheten som används snabbare än den som kan förväntas uppstå när enbart frigolitfiguren brinner. Detta grundar sig i att antändningskällan vid försöket utgjordes av en gasolbrännare med en effekt på 1 MW, vilket är stort i förhållande till de tändkällor som scenariot representerar. På grund av detta bedöms även den ökade tillväxthastigheten som brandspridningen medför täckas in av grundscenariot. Inte heller utrymningen påverkas nämnbart av brandspridningen eftersom frigolitfiguren är placerad nära baren vilket gör att andra utrymningsvägar inte påverkas av spridningen. I tillägg till detta förväntas aktiveringen av sprinkler i lokalen kraftigt minska risken för brandspridning.

Anledningen till att brandspridning via strålning inte kontrolleras för garderoben är att scenariot bygger på att brandspridning sker mellan jackorna eftersom de står i direkt förbindelse med varandra vilket möjliggör omedelbar spridning.

#### 9.3.6.5 Förflyttningstid

De handberäkningar som görs för att verifiera förflyttningstiderna i Simulex innehåller en del osäkerheter. Den största skillnaden mellan handberäkningarna och simuleringen i Simulex är att det inte tas hänsyn till köbildning i handberäkningarna. I dessa handberäkningar beräknas förflyttningstiden fram med ett konstant personflöde genom varje utrymningsväg. Detta innebär att en eventuell köbildning inte kommer att tas med i handberäkningarna och som resulterar i att förflyttningstiden underskattas. På grund av en köbildning som inträffar vid huvudtrappan på källarplan när besökare från både Galleriet och garderobsavdelningen utrymmer via ger handberäkningarna en felaktig bild av verkligheten vilket gör att simuleringarna i Simulex bedöms vara mer trovärdiga än handberäkningarna. I Stora Salongen är tiden från Simulex och tiden som räknas fram i handberäkningarna i stort sätt lika. Detta beror på att inga andra besökare som utrymmer påverkar de valda utrymningsvägarna från Stora Salongen. I viss mån kommer de som utrymmer Lilla Salongen påverka förflyttningstiden i och med att även dessa använder huvudtrappan men på entréplan finns det utrymningsvägar via ON- och OFF baren vilket gör att användningen av huvudtrappan inte kommer bli lika påtaglig på entréplanet som i källarplanet.

#### 9.3.7 Sprinkler- och detektoraktivering

För att beräkna tiden till sprinkler- och detektoraktivering används Detact-T2. För detektoraktiveringen bedöms dock programmet ge ett alltför konservativt resultat vilket gör att värdena betraktas som värsta tänkbara tid till detektion snarare än ett representativt fall. Detta kan bero på att programmet simulerar rökdetektion med en modell som använder temperaturökningen vid detektorn för att få fram detektionstiden. För att få rimligare tider simuleras detektionen även i FDS för de scenarier där programmet används. Dessa värden bedöms vara mer tillförlitliga eftersom de bygger på en bättre rökdetektionsmodell och värderas därför högre.

Både vid beräkningen av sprinkleraktivering och vid detektoraktivering har takhöjden i nattklubben angetts till 3 meter trots att takhöjden vid frigolitfiguren endast är 2,4 meter. Detta görs för att få ett konservativt värde som möjliggör att alla tänkbara brandscenarier täcks in, 3 meter har valts eftersom det är den maximala takhöjden i Galleriet.

Maxeffekten vid sprinkleraktivering som fås som utdata i Detact skiljer sig något från den som räknas fram i Excel. Det beror på att Detact använder sig av ett noggrannare värde på tillväxtfaktorn, maxeffekten från Detact används alltså inte, utan endast aktiveringstiden tas från programmet för att kunna räkna ut maxeffekten. Skillnaden mellan dessa värden är dock försumbar eftersom det rör sig om några enstaka procent.

### 9.3.8 RTI-laboration

Den laboration som gjordes för att ta fram RTI för de sprinkler som togs med tillbaka från platsbesöket innebär en del osäkerheter. Den främsta osäkerheten är att det endast fanns en sprinkler av varje sort att tillgå i laborationen. Detta innebär att resultaten inte kunde säkerställas. På grund av att det inte fanns information att tillgå om vilket värde på RTI som sprinklerna i lokalerna har är de framräknade värdena från försöken de värden som används i beräkningarna. Vidare undersökning av RTI på dessa sprinkler med upprepade försök bör göras för att få ett entydigt resultat.

### 9.3.9 Breddning av utrymningsvägar

Denna åtgärd utreds inte med tanke på att byggnaden är K-märkt. Det bör göras närmare undersökningar på vad som är tillåtet att i byggnaden med avseende på breddning av utrymningsvägar och uppförande av nya utrymningsvägar. Om det ges möjlighet att utöka bredderna på befintliga utrymningsvägar eller utöka antalet kan dessa åtgärder analyseras. I denna rapport utreds inte denna åtgärd vidare.



## 10 Slutsats

Nedan följer de slutsatser i form av åtgärdsförslag, som tas fram utifrån de resultat som redovisas i rapporten. Det systematiska brandskyddsarbetet antas fortlöpa som det bedrivs i dagsläget.

Åtgärdsförslagen är indelade i kategorierna *ska* och *bör*, där ett införande av *ska*-förslagen ser till att acceptabla förhållanden råder under tiden som utrymning pågår. Förslagen i *bör*-kategorin ska ses som åtgärder som förbättrar personsäkerheten men dock inte tillräckligt för att säkerställa att utrymning sker innan kritiska förhållanden uppstår.

### *bör*

- Personalen *bör* tilldelas specifika uppgifter vid en utrymningssituation
- Spegelväggen *bör* styras så att den öppnas upp vid detektion
- Skyltarna med texten ”*endast personal*” och ”*dörren är larmad*” *bör* tas bort från de dörrar som används som utrymningsväg
- Dörröppningsknapparnas utseende och position *bör* ses över för att förtydliga deras funktion
- Utrymningsskyltarna *bör* vara genomlysta

### *ska*

- Brandgasfläkt *ska* installeras på källarplan med ett flöde på 35 m<sup>3</sup>/s i garderobsavdelningen respektive Galleriet. Tilluften *ska* ökas för att motverka undertryck i lokalerna
- Befintliga sprinklerna på källarplan *ska* bytas ut till sprinkler med RTI-värde på 50 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup>

Målet med rapporten, som är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Berns i Stockholm, uppfylls om ovanstående åtgärder vidtas.

Vid ett utökat personantal i Stora Salongen rekommenderas följande åtgärder

### *bör*

- Personalen *bör* tilldelas specifika uppgifter vid en utrymningssituation samt att utrymningsvägarna görs attraktiva

### *ska*

- Brandgasfläkt *ska* installeras med ett flöde på 10 m<sup>3</sup>/s  
*eller*
- Spegelväggen *bör* styras så att den öppnas upp vid detektion alternativt att den tas bort när höga personantal förekommer



## 11 Litteraturförteckning

Abinitio, 2012. *Cellus Materialelegenskaper*. [Online]

Available at: [http://material.inredningsakustik.se/2011/08/Cullus\\_MOLTO.pdf](http://material.inredningsakustik.se/2011/08/Cullus_MOLTO.pdf)

[Använd 11 02 2013].

Abinitio, 2013. *Vågen: abinitio – inredningsakustik-ljudabsorbenter*. [Online]

Available at: <http://www.inredningsakustik.se/vaggabsorbenter>

[Använd 4 Mars 2013].

Abrahamsson, M., 1997. *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*, Lund: Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Apell, A. e. a., 2009. *Brandskydd och lös inredning - en vägledning*, Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Babrauskas, V., 2006. *Temperatures in flames and fires*, Issaquah: Fire Science and Technology Inc..

Begoodtex International, 2011. *Begoodtex*. [Online]

Available at: <http://www.begoodtex.com/333.asp?id=205>

[Använd 4 Mars 2013].

Berns, 2013. *www.Berns.se*. [Online]

Available at: <http://www.berns.se/om-berns/berns-story>

[Använd 26 Februari 2013].

Boverket II, 2012. *Regelsamling för byggande, BBR*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2011. *BFS 2011:27, BBRAD 1*, u.o.: Boverket.

Brandskyddshandboken, 2012. *Brandskyddshandboken*, Lund: Lunds tekniska högskola.

Brandskyddslaget, 2009. *Brandskyddsdokumentation, Relationshandling*, Stockholm: Brandskyddslaget.

Canter, D., 1985. *Studies of human behaviour in fire: emperical results and their implications for education and design*, Borehamwood: Fire Research Station.

Drysdale, D., 2011. *An Introduction to Fire Dynamincs*. 3rd red. Chichester(West Sussex): John Wiley & Sons.

Ecosafe, 2013. *Fire Testing - Building Material*. [Online]

Available at: <http://www.ecosafene.com/EN/firetesting/building/226.html>

[Använd 11 02 2013].

Fleury, R., 2010. *Evaluation of Thermal Radiation Models for Fire Spread Between Objects*, Christchurch, New Zealand: University of Canterbury.

Frantzich, H., 2000. *Tid för utrymning vid brand*, Karlstad: Räddningsverket.

Frantzich, H. & Nystedt, F., 2011. *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*, Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

FR-one, 2010. *Standards*. [Online]

Available at: <http://www.fr-one.com/en-standards-12.htm>

[Använd 11 02 2013].

Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d. *Stöd för tillämpning CFD*, u.o.: u.n.

Gissi, E., 2012. *An introduction to fire simulation with FDS and smokeview*, u.o.: Creative Commons Attributions - Share Alike 3.0.

Hesse, R., 2000. Triangle Distribution: Mathematical Link for Excel. *Decision Line*, Issue In the Classroom, pp. 12-14.

Hultquist, H., 2000. *Simulating visabilty in HAZARD I/CFAST*, Lund: Lunds tekniska högskola.

Ingason, H. & Arvidson, M., 2001. *Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation*, Borås: SP.

Johansson, B., 2004. *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben underbar i Skellefteå*, Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Johansson, H., 1999. *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*, Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Karlsson, B. & Quintiere, J. G., 2000. *Enclosure Fire Dynamics*. London: CRC Press.

McGrattan, K., McDermott, R., Hostikka, S. & Jason Floyd, 2010. *Fire Dynamic Simulator User's Guide*, Gaithersburg: NIST.

Molinelli, L., 2012. *Fire Safety Tools: DETACT-T2 Web implementation*. [Online]

Available at: <http://www.molinelli.org/DetAct.aspx>

[Använd 25 februari 2013].

Nasr, R. & Wall, M., 2012. *Utrymning av nattklubb*, Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Nilsson, D., 2007. *Datorsimulering av utrymning vid brand - inventering av tre angreppsätt*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Nilsson, D. & Holmstedt, G., 2007. *Kompendium i Aktiva system - Detektion*, Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.

Nordtest, 2012. *Methods - Fire*. [Online]

Available at: <http://www.nordtest.info/index.php/methods/fire.html>

[Använd 11 02 2013].

Nordtest, 2012. *Methods - Fire*. [Online]

Available at: <http://www.nordtest.info/index.php/methods/fire.html>

[Använd 11 02 2013].

Palisade, 2013. *www.palisade.com*. [Online]

Available at: <http://www.palisade.com/risk/>

[Använd 05 03 2013].



- Peacock, R., Jones, W., Forney, G. & Reneke, P., 2009. *CFAST- Consolidated model of fire growth and smoke transport (Version 6), Technical reference guide*, Washington: NIST.
- Peacock, R., Jones, W., Reneke, P. & Forney, G., 2005. *CFAST- Consolidated model of fire growth and smoke transport (version 6), User's guide*, Washington: NIST.
- Pettersson, A.-I. & Malm, D., 2008. *Tillförlitlighet för automatiska sprinkleranläggningar - en analys av befintlig statistik*, Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola..
- Quintiere, J. & C. T., 1991. *Flammability Characterization of Foam Plastics*, Gaithersburg: NIST.
- SFPE, 2002. *Handbook of Fire Protection Engineering*. Third Edition red. Quincy: National Fire Protection Association.
- SINTEF, 2013. *Fire Testing: SINTEF*. [Online]  
Available at: [http://nbl.sintef.no/methods/lists/docs/imo653\\_uk.html](http://nbl.sintef.no/methods/lists/docs/imo653_uk.html)  
[Använd 5 Mars 2013].
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013. *SP*. [Online]  
Available at: [http://www.sp.se/sv/index/services/marine\\_fire\\_protection/Sidor/default.aspx](http://www.sp.se/sv/index/services/marine_fire_protection/Sidor/default.aspx)  
[Använd 5 Mars 2013].
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013. *SP*. [Online]  
Available at: [http://www.sp.se/sv/index/services/firetest\\_furniture/bs5852/sidor/default.aspx](http://www.sp.se/sv/index/services/firetest_furniture/bs5852/sidor/default.aspx)  
[Använd 8 April 2013].
- SRVFS, 2004. *Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete*, u.o.: Statens räddningsverk.
- Staffansson, L., 2010. *Selecting design fires*, Lund: Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Standard Norge, 2012. *Fire Safety Engineering - Verification of fire safety design in buildings*, u.o.: Standard Norge.
- Särdqvist, S., 1993. *Initial Fires*, Lund: Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Thunderhead, 2013. *www.thunderheadeng.com*. [Online]  
Available at: <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/>  
[Använd 05 03 2013].
- Wade, A. R. & C., 2008. *Soot Yield Values For Modelling Purposes - Residential Occupancies*, Porirua: BRANZ.
- Wikman, S.-O., 2013. *Fastighetsskötare* [Intervju] (01 02 2013).



# **BILAGOR**



## A. Bilaga A: Handberäkningar

Nedan följer de handberäkningar som gjorts för att kontrollera om ventilationskontroll uppnås, handberäkningar av förflyttningstider samt verifiering av brandgaslagrets höjd från simuleringarna med respektive utan brandgasfläktar.

### A.1 Ventilationskontroll

Nedan redovisas de handberäkningar som gjorts för att kontrollera när branden blir ventilationskontrollerad för de tre utvalda scenarierna. I dessa beräkningar tas det ingen hänsyn till att det befintliga ventilationssystemet är igång. Detta bedöms vara en rimlig avgränsning eftersom huvudsyftet med dessa beräkningar är att få ett överslag på om ventilationskontroll kommer att uppstå och i så fall vid vilken effekt.

#### Scenario 1 - Garderoben

För att beräkna vid vilken effekt branden blir ventilationskontrollerad måste flödet av luft in i utrymmet tas fram, vilket beräknas med Ekvation 1.

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation 1}$$

(Karlsson & Quintiere, 2000)

$\dot{m}_a$  massflöde av luft in i utrymmet [kg/s]

$A_0$  arean på öppning [m<sup>2</sup>]

$H_0$  höjd på öppning [m]

Arean på de öppningar som leder in till garderobsavdelningen är 8,6 m<sup>2</sup> och höjden på dessa öppningar är 2,1 meter. För att sedan beräkna den maximala effekten som kan uppstå till följd av ventilationskontroll används Ekvation 2. I ekvationen används massprocenten syre i luft, vilken är 23 %, samt den energi som frigörs när syre förbränns, 13,1 MJ/kg (Karlsson & Quintiere, 2000). Förbränningseffektiviteten,  $\chi$ , antas till 0,7 eftersom det som förbränns är organiskt material och det kommer att sota relativt mycket (Drysdale, 2011).

$$\dot{Q} = 13,1 \cdot 0,23 \cdot \chi \cdot \dot{m}_a \quad \text{Ekvation 2}$$

(Karlsson & Quintiere, 2000)

$\dot{Q}$  maximala effekten [MW]

$\chi$  förbränningseffektiviteten [-]

Med siffror insatta i ekvationerna fås följande värden:

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 0,5 \cdot 8,6 \cdot \sqrt{2,1} = 6,24 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q} = 13,1 \cdot 0,23 \cdot 0,7 \cdot 6,24 = 13,2 \text{ MW}$$

Den maximala effekten som kan utvecklas innan ventilationskontroll inträffar är således 13,2 MW. För en tillväxthastighet på 0,047 kW/s<sup>2</sup> och en maximeffekt på 13,2 MW blir tiden tills denna effekt uppnås 530 sekunder.

För att få en uppfattning om hur länge branden kan fortgå innan bränslet, i detta fall i form av jackor, tar slut görs beräkningar på hur mycket energi som jackorna kan generera.

I det försök som Björn Johansson (Johansson, 2004) utförde användes jackor med en genomsnittlig massa på 0,8 kg. Denna massa används för de jackor som finns upphängda i garderoben.

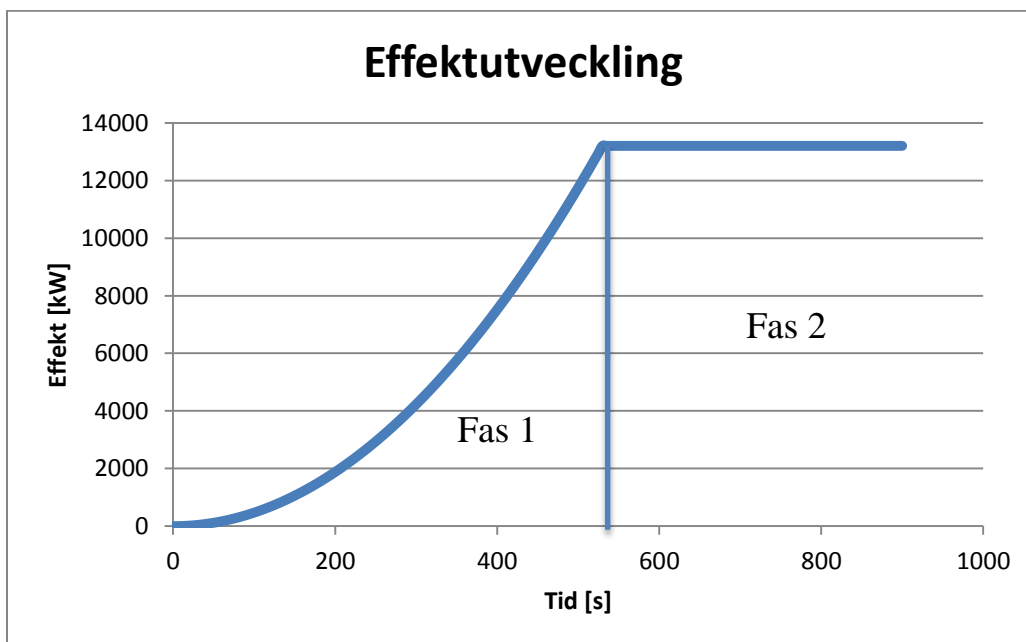
Förbränningsentalpin som används för jackorna är 17,6 MJ/kg (SFPE, 2002). I Tabell A.1 redovisas massan och energiinnehållet för ett varierande antal jackor.

Tabell A.1. Massa och energimängd för ett varierande antal jackor.

| antal jackor | massa [kg] | energi [MJ] |
|--------------|------------|-------------|
| 100          | 80         | 1408        |
| 200          | 160        | 2816        |
| 500          | 400        | 7040        |
| 700          | 560        | 9856        |
| 1000         | 800        | 14080       |
| 1500         | 1200       | 21120       |
| 1700         | 1360       | 23936       |

För att beräkna den energi som frigörs integreras effektutvecklingskurvan. Denna integration delas upp i två steg:

1. Tillväxtfasen, där branden kommer tillväxa enligt  $\dot{Q} = 0,047 \cdot t^2 [kW]$
2. Konstant effektutveckling där  $\dot{Q} = 13200 kW$



Figur A.1. Schematisk bild över effektutvecklingen med de två olika faserna markerade.

Fas 1 integreras med avseende på tiden enligt följande:

$$\int_0^{530} 0,047 \cdot t^2 dt = \left[ \frac{0,047}{3} t^3 \right]_0^{530} = 2332 \text{ MJ}$$

Fas 2 integreras med avseende på tiden enligt följande:

$$\int_{530}^t 13200 dt = [13200 \cdot t]_{530}^t = 13200 \cdot t - 13200 \cdot 530 = 13200(t - 530)$$

Dessa två faser adderas och jämförs sedan med hur mycket energi som finns tillgängligt, se Tabell A.1. Resultaten för dessa beräkningar redovisas i Tabell A.2. För första fallet, med 100 jackor, tar bränslet slut innan den maximala effekten uppnås. Där räknas tiden fram enbart med formeln som finns redovisad för Fas 1 ovan.

**Tabell A.2. Den maximala tiden som garderobsbranden kan fortlöpa innan bränslet, i form av jackor, tar slut.**

| antal jackor | Maximal tid [s] | Maximal tid [min] |
|--------------|-----------------|-------------------|
| 100          | 475             | 7,9               |
| 200          | 567             | 9,4               |
| 500          | 887             | 14,8              |
| 700          | 1100            | 18,3              |
| 1000         | 1420            | 23,7              |
| 1500         | 1953            | 32,6              |
| 1700         | 2167            | 36,1              |

Som ses i Tabell A.2 räcker det med cirka 200 jackor för att branden ska pågå i cirka nio minuter. Med tanke på personantalet som tillåts i byggnaden bedöms det mycket troligt att antalet jackor kommer att överstiga 200 när nattklubben har sin verksamhet igång. Detta visar på att branden inte kommer att begränsas av jackorna utan det kommer att ske genom att branden blir ventilationskontrollerad med en maximal effektutveckling på 13,2 MW.

#### *Scenario 4 – Frigolitfigur*

För detta scenario är det samma förutsättningar när det gäller ventilationsöppningar då det gäller beräkningarna för när branden blir ventilationskontrollerad. Den maximala effekten blir för detta scenario samma som för garderobsbranden, det vill säga 13,2 MW. Enligt Figur 6.2 kommer inte frigolitfiguren att komma upp till denna effektutveckling. Således kommer denna brand att vara bränslekontrollerad.

#### *Scenario 8 – Lilla Scenen*

De öppningar som finns i Stora Salongen där luft kan flöda in redovisas i Tabell A.3. I dessa beräkningar är spegelväggen som skärmar av Lilla och Stora Salongen nere.

**Tabell A.3. Mått på öppningar in till Stora Salongen när spegelväggen är nere.**

|             | Höjd [meter] | Bredd [meter] |
|-------------|--------------|---------------|
| Dörr (3 st) | 2,1          | 1,6           |
| Dörr (1 st) | 2,1          | 1,3           |

Öppningens area blir

$$A_0 = 3 \cdot (2,1 \cdot 1,6) + 2,1 \cdot 1,3 = 12,81 \text{ m}^2$$

Öppningens höjd,  $H_0$ , är 2,1 meter.

Massflödet av luft in i lokalen räknas fram genom Ekvation 1.

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} = 0,5 \cdot 12,81 \cdot \sqrt{2,1} = 9,28 \text{ kg/s}$$

Denna maximala effekt för Stora Salongen beräknas med Ekvation 2.

$$\dot{Q} = 13,1 \cdot 0,23 \cdot \chi \cdot \dot{m}_a = 13,1 \cdot 0,23 \cdot 0,7 \cdot 9,28 = 19,6 \text{ MW}$$

Beräkningarna ovan visar att en eventuell brand i Stora Salongen kommer att bli ventilationskontrollerad först vid cirka 20 MW. Det bedöms osannolikt att branden kommer bli ventilationskontrollerad på grund av denna relativt höga effektutveckling, varför bränslet bedöms vara det som begränsar branden.

## A.2 Verifiering av brandgaslagrets höjd

Nedan följer beräkningar för brandgaslagrets höjd för de olika brandscenarierna. Dessa beräkningar görs för att få en uppfattning om simuleringarna stämmer. Om handberäkningarna och simuleringarna visar samma resultat anses dessa värden vara tillförlitliga.

### Brandscenario 1 – Garderoben

Här följer de indata och beräkningar som används för att beräkna brandgaslagrets höjd i brandscenario 1 – Garderoben.

#### Utan brandgasfläktar

För beräkningar av brandgaslagrets höjd används metodiken som beskrivs i (Karlsson & Quintiere, 2000).

Följande beräkningsgång används:

1. Antag ett värde på brandgasernas densitet,  $\rho_g$ . Vanligtvis ligger det runt  $1,0 \text{ kg/m}^3$ . Detta värde kommer att tas från simuleringarna i FDS och CFAST för att få ett uppskattat värde på brandgasernas densitet samt för att få en tid från simuleringarna att jämföra med.
2. Beräkning av konstanten  $k$  sker med Ekvation 3.
3. Beräkna brandgaslagrets höjd,  $z$ , vid en vald tid,  $t$ . Ekvation 4.



$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left( \frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{1/3} \quad \text{Ekvation 3}$$

|          |   |
|----------|---|
| $\rho_g$ | brandgasernas densitet [kg/m <sup>3</sup> ]           |
| $\rho_a$ | omgivande luftens densitet [kg/m <sup>3</sup> ]       |
| $c_p$    | specifik värmekapacitet vid konstant tryck [kJ/(kgK)] |
| $T_a$    | omgivande temperatur [K]                              |
| $g$      | gravitationskonstant (=9,81 m/s <sup>2</sup> )        |

$$z = \left( k \frac{\alpha^{1/3}}{S} \frac{2t^{(1+n/3)}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} \quad \text{Ekvation 4}$$

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| $z$ | brandgaslagrets höjd från golvet [m] |
| $S$ | golvarea [m <sup>2</sup> ]           |
| $H$ | lokalens höjd [m]                    |

Tabell A.4. Indata för beräkning av brandgaslagrets höjd för Brandscenario 1 – Garderober

|          |                            |
|----------|----------------------------|
| $\rho_a$ | 1,2 [kg/m <sup>3</sup> ]   |
| $c_p$    | 1,0 [kJ/kgK]               |
| $T_a$    | 293 [K]                    |
| $\alpha$ | 0,047 [kW/s <sup>2</sup> ] |
| $n$      | 2 [-]                      |
| $S$      | 852 [m <sup>2</sup> ]      |
| $H$      | 3 [m]                      |
| $z$      | 1,9 [m]                    |

Golvarea,  $S$ , är satt för arean för både garderobsavdelningen och Galleriet eftersom det kommer att ske spridning av brandgaser i båda dessa utrymmen i händelse av brand. Höjden på brandgaslagret,  $z$ , är satt till den kritiska höjden eftersom det är en tid till denna kritiska nivå som ska räknas ut. För beräkning av den kritiska nivån se Tabell K.1.

1. Brandgasernas densitet ansätts till  $1,0 \text{ kg/m}^3$ . Detta är ett värde på brandgasernas temperatur taget från FDS-simuleringarna, se *Bilaga H: Simuleringar*.

2. Konstanten  $k$  beräknas:

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left( \frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{1/3} = \frac{0,21}{1,0} \left( \frac{1,22^2 \cdot 9,81}{1,0 \cdot 293} \right)^{1/3} = 0,0764$$

3. Brandgaslagrets höjd tas fram för olika tidssteg, detta görs tills den kritiska nivån nås. Det vill säga en kritisk höjd på brandgaslagrets som är 1,9 meter. Nedan följer en tabell över de framräknade värdena från Excel.

$$z = \left( k \frac{\alpha^{1/3} 2t^{(1+n/3)}}{S} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} = \left( 0,0764 \frac{\alpha^{1/3} 2 \cdot t^{(1+2/3)}}{385} + \frac{1}{12,5^{2/3}} \right)^{-3/2}$$

Tabell A.5. Brandgaslagrets höjd från golvet vid olika tider.

| tid [s]    | Brandgaslagrets höjd [m] |
|------------|--------------------------|
| 150        | 2.55                     |
| 160        | 2.51                     |
| 170        | 2.46                     |
| 180        | 2.42                     |
| 190        | 2.37                     |
| 200        | 2.33                     |
| 210        | 2.28                     |
| 220        | 2.24                     |
| 230        | 2.19                     |
| 240        | 2.15                     |
| 250        | 2.10                     |
| 260        | 2.06                     |
| 270        | 2.02                     |
| 280        | 1.97                     |
| 290        | 1.93                     |
| <b>300</b> | <b>1.89</b>              |
| 310        | 1.85                     |
| 320        | 1.80                     |
| 330        | 1.76                     |
| 340        | 1.73                     |
| 350        | 1.69                     |

Tiden som jämförs är den tid när brandgasernas temperatur är  $80^\circ\text{C}$  vid den kritiska nivån på 1,9 meter från simuleringarna i FDS. Tiden som fås av FDS är 260 sekunder, se Tabell 5.1, vilket är i samma storleksordning som den handberäknade tiden som ligger på 300 sekunder, se fetmarkerade raden i Tabell A.5. Anledningen till att det är när temperaturen når  $80^\circ\text{C}$  vid höjden 1,9 meter som används är

att modellen för handberäkning bygger på en tvåzonsmodell där det görs antagande om att temperaturen är konstant under hela rökfyllnadsperioden.

Simuleringen i FDS och handberäkningarna är i samma storleksordning. Vilket gör att simuleringen anses vara tillförlitlig.

**Med brandgasfläktar**

Verifiering av FDS med mekanisk brandgasventilation.

För att verifiera resultaten i FDS om höjden på brandgaslagret tillsammans med förhöjd mekanisk ventilation utförs handberäkningar och resultaten jämförs. Metodiken som används är Yamana och Tanakas och denna redogörs för nedan. Resultatet från FDS är taget från garderobsbranden med en effektutveckling på 3100 kW. Tiden är satt till 300 sekunder och höjden på brandgaslagret som resultaten jämförs med är taget vid den tiden.

Beräkningsprocedur:

1. Antag ett värde på z, brandgaslagrets höjd
2. Räkna ut  $\dot{m} = \dot{m}_p = 0,21 \left( \frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{1/3} \dot{Q}^{1/3} z^{5/3}$  Ekvation 5
3. Räkna ut  $T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{c_p \dot{m}_p + hA_w}$  Ekvation 6
4. Räkna ut  $\rho_g = 353/T_g$  Ekvation 7
5. Räkna ut  $\dot{m}_e = \dot{V}_e \rho_g$  Ekvation 8
6. Kontrollera om  $\dot{m}_e = \dot{m}_p$ . om inte, gör om processen.

(Karlsson & Quintiere, 2000)

**Tabell A.6. Beteckningar verifiering av FDS.**

| Beteckning  |                          |
|-------------|--------------------------|
| $\rho_a$    | 1,2 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| $c_p$       | 1,0 [kJ/kgK]             |
| $T_a$       | 293 [K]                  |
| g           | 9.81 [m/s <sup>2</sup> ] |
| k           | 0,16 [W/m*k]             |
| $\rho$      | 790 [kg/m <sup>3</sup> ] |
| c           | 900 [J/kg*K]             |
| t           | 300 [s]                  |
| $\dot{Q}$   | 3100 [kW]                |
| $\dot{V}_e$ | 35 [m <sup>3</sup> /s]   |

$$\dot{m}_p = 0,21 \left( \frac{1,2 * 1,2 * 9,81}{1 * 293} \right)^{1/3} 3100^{1/3} z^{5/3}$$

h räknas ut med hjälp av materialkonstanter från lokalens ytskikt.

$$h = \sqrt{\frac{k\rho c}{\pi t}} = 10,9865 \text{ W/m}^2\text{K} = 0.0109865 \text{ kW/m}^2\text{K}$$

$A_w$  är arean av väggen och taket som exponeras av brandröken.

$$A_w = 30 * 16,6 + 2 * 30(3 - z) + 2 * 16,6(3 - z)$$

$$T_g = 293 + \frac{3100}{1 * \dot{m}_p + 0.0109865 * 30 * 16,6 + 2 * 30(3 - z) + 2 * 16,6(3 - z)}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} = \frac{353}{293 + \frac{3100}{1 * \dot{m}_p + 0.0109865 * 30 * 16,6 + 2 * 30(3 - z) + 2 * 16,6(3 - z)}}$$

$$\dot{m}_e = \dot{V}_e \rho_g = 35 * \frac{353}{293 + \frac{3100}{1 * \dot{m}_p + 0.0109865 * 30 * 16,6 + 2 * 30(3 - z) + 2 * 16,6(3 - z)}}$$

$$\dot{m}_e = \dot{m}_p$$

$$35 * 353 / \left( 293 + \frac{3100}{1 * \dot{m}_p + 0.0109865 * 30 * 16,6 + 2 * 30(3 - z) + 2 * 16,6(3 - z)} \right)$$

$$= 0,21 \left( \frac{1,2 * 1,2 * 9,81}{1 * 293} \right)^{1/3} 3100^{1/3} z^{5/3}$$

Denna ekvation ger  $z = 7,38$  meter upp till brandgaslagret. Uträkningen tar inte hänsyn till lokalens takhöjd och  $7,38$  meter är högre än takhöjden, alltså kan värdet inte sättas i jämförelse med resultaten från FDS.

#### Brandscenario 4 – Frigolitfigur

På grund av de förenklingar som gjorts i beräkningarna för Brandscenario 1 kommer det inte vara någon skillnad i geometrier mellan Brandscenario 1 och Brandscenario 4. Därför görs inga beräkningar för Brandscenario 4, läsaren hänvisas till Brandscenario 1 för jämförelser och beräkningar av brandgaslagrets höjd.

### Brandscenario 8 – Lilla Scenen

Nedan följer de handberäkningar som utförts för att räkna ut höjden på brandgaslagret i brandscenario 8.

#### Utan brandgasfläktar

Motsvarande beräkningsgång som används vid beräkning av brandgaslagrets höjd i brandscenario 1 – Garderober används nedan.

Tabell A.7 Indata för beräkning av brandgaslagrets höjd för Brandscenario 8 – Lilla Scenen

|          |               |                            |
|----------|---------------|----------------------------|
| $\rho_a$ |               | 1,2 [kg/m <sup>3</sup> ]   |
| $c_p$    |               | 1,0 [kJ/kgK]               |
| $T_a$    |               | 293 [K]                    |
| $\alpha$ | <i>fast</i>   | 0,047 [kW/s <sup>2</sup> ] |
|          | <i>medium</i> | 0,012 [kW/s <sup>2</sup> ] |
| $n$      |               | 2 [-]                      |
| $S$      |               | 385 [m <sup>2</sup> ]      |
| $H$      |               | 12,5 [m]                   |
| $z$      |               | 2,85 [m]                   |

$z$  sätts till 2,85 meter eftersom detta är den kritiska nivån på brandgaslagret i detta scenario, se Tabell K.1.

1. Brandgasernas densitet ansätts till 1,0 kg/m<sup>3</sup>. Temperaturen på brandgaserna är satt till 80 °C.

2. Konstanten  $k$  beräknas:

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left( \frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{1/3} = \frac{0,21}{1,0} \left( \frac{1,2^2 \cdot 9,81}{1,0 \cdot 293} \right)^{1/3} = 0,0764$$

3. Brandgaslagrets höjd tas fram för olika tidssteg, detta görs tills den kritiska nivån nås. Det vill säga en kritisk höjd på brandgaslagrets som är 2,85 meter. Nedan följer de ekvationer som används samt en tabell över de framräknade värdena från Excel med tillväxthastigheten *fast* ( $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ ) och *medium* ( $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$ ).

$$\dot{Q} = \alpha t^n = \alpha \cdot t^2$$

$$z = \left( k \frac{\alpha^{1/3} 2t^{(1+n/3)}}{S} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} = \left( 0,0764 \frac{\alpha^{1/3} 2 \cdot t^{(1+2/3)}}{385} + \frac{1}{12,5^{2/3}} \right)^{-3/2}$$

Tabell A.8. Brandgaslagrets höjd vid för olika tillväxthastighet vid olika tider.

| tid [s]    | Brandgaslagrets höjd ( <i>fast</i> ) [m] | Brandgaslagrets höjd ( <i>medium</i> ) [m] |
|------------|--|--|
| 200        | 4.24                                     | 5.79                                       |
| 210        | 3.98                                     | 5.51                                       |
| 220        | 3.73                                     | 5.24                                       |
| 230        | 3.51                                     | 4.99                                       |
| 240        | 3.30                                     | 4.74                                       |
| 250        | 3.10                                     | 4.52                                       |
| 260        | 2.92                                     | 4.30                                       |
| <b>270</b> | <b>2.75</b>                              | 4.09                                       |
| <b>280</b> | <b>2.60</b>                              | 3.90                                       |
| 290        | 2.45                                     | 3.72                                       |
| 300        | 2.32                                     | 3.55                                       |
| 310        | 2.19                                     | 3.38                                       |
| 320        | 2.07                                     | 3.23                                       |
| 330        | 1.97                                     | 3.08                                       |
| 340        | 1.86                                     | 2.94                                       |
| <b>350</b> | 1.77                                     | <b>2.81</b>                                |
| 360        | 1.68                                     | 2.69                                       |
| 370        | 1.60                                     | 2.57                                       |

Som visas i Tabell A.8 kommer brandgaslagrets höjd att nå den kritiska nivån, som är 2,85 meter, vid cirka 275 sekunder när tillväxthastigheten är *fast* och cirka 350 sekunder då tillväxthastigheten är *medium*. Dessa tider ligger i samma område som de tider till kritiskt nivå på brandgaslagret som tagits fram i CFAST-simuleringarna. Nedan redovisas en jämförande tabell över de framräknade tiderna med handberäkningar samt de tider som tagits fram med CFAST.

Tabell A.9. Redovisning över hur tiderna till kritisk nivå på brandgaslagret skiljer sig mellan handberäkningarna och CFAST där tillväxthastigheterna är redovisade var för sig.

|                        | <i>fast</i>  | <i>medium</i> |
|------------------------|--------------|---------------|
| <b>Handberäkningar</b> | 275 sekunder | 350 sekunder  |
| <b>CFAST</b>           | 260 sekunder | 360 sekunder  |

Tabell A.9 visar på att tiderna till kritisk nivå på brandgaslagret är i stort sätt lika, vilket medför att de simuleringar som gjorts i CFAST bedöms vara tillförlitliga.

#### *Med brandgasfläktar*

För att verifiera resultaten i CFAST om höjden på brandgaslagret tillsammans med förhöjd mekanisk ventilation utförs handberäkningar och resultaten jämförs. Metodiken som används är Yamana och Tanakas och denna redogörs nedan. Resultatet från CFAST är taget från scenariot med tillväxthastigheten fast och sprinkleraktivering. Tiden är satt till 300 sekunder och höjden på

brandgaslagret är taget vid den tiden. Beräkningsprocedur är densamma som i för brandscenario 1 – Garderoben.

Tabell A.10 Inputvärden.

| Beteckning |                          |
|------------|--------------------------|
| $\rho_a$   | 1,2 [kg/m <sup>3</sup> ] |
| $c_p$      | 1,0 [kJ/kgK]             |
| $T_a$      | 293 [K]                  |
| $g$        | 9,81[m/s <sup>2</sup> ]  |
| $k$        | 0,16 [W/m*k]             |
| $\rho$     | 790 [kg/m <sup>3</sup> ] |
| $c$        | 900 [J/kg*K]             |
| $t$        | 300 [s]                  |
| $\dot{Q}$  | 6700 [kW]                |
| $V_e$      | 10 [m <sup>3</sup> /s]   |

$$\dot{m}_p = 0,21 \left( \frac{1,2 * 1,2 * 9,81}{1 * 293} \right)^{1/3} 6700^{1/3} z^{5/3}$$

$h$  räknas ut med hjälp av materialkonstanter från lokalens ytskikt.

$$h = \sqrt{\frac{k\rho c}{\pi t}} = 10,9865 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,011 \text{ kW/m}^2\text{K}$$

$A_w$  är arean av väggen och taket som exponeras av brandröken.

$$A_w = 15,4 * 25 + 2 * 5(12,5 - z) + 2 * 15,4(12,5 - z)$$

$$T_g = 293 + \frac{6700}{1 * \dot{m}_p + 0,011 * (15,4 * 25 + 2 * 5(12,5 - z) + 2 * 15,4(12,5 - z))}$$

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} = \frac{353}{293 + \frac{6700}{1 * \dot{m}_p + 0,011 * (15,4 * 25 + 2 * 5(12,5 - z) + 2 * 15,4(12,5 - z))}}$$

$$\dot{m}_e = \dot{V}_e \rho_g = 10 * \frac{353}{293 + \frac{6700}{1 * \dot{m}_p + 0,011 * (15,4 * 25 + 2 * 5(12,5 - z) + 2 * 15,4(12,5 - z))}}$$

$$\dot{m}_e = \dot{m}_p$$

$$10 * 353 / \left( 293 + \frac{6700}{1 * \dot{m}_p + 0.011 * (15,4 * 25 + 2 * 5(12,5 - z) + 2 * 15,4(12,5 - z))} \right)$$

$$= 0,21 \left( \frac{1,2 * 1,2 * 9,81}{1 * 293} \right)^{1/3} 6700^{1/3} z^{5/3}$$

Denna ekvation ger  $z = 3.25$  meter. I simuleringarna i CFAST är värdet på  $z$  vid tiden 300 sekunder 3.47 meter. Det skiljer således 0.22 meter mellan simuleringen och handberäkningen. Med tanke på takhöjden i lokalen samt de begränsningar som i beräkningsgången anses dessa värden stämma relativt bra överens, vilket medför att CFAST-simuleringarna bedöms tillförlitliga.

### A.3 Förflyttningstid

I detta avsnitt redovisas de handberäkningar som görs för att verifiera förflyttningstiderna som simuleras i Simulex. Dessa handberäkningar utgår från BBRAD där två värden på personflöde genom utrymningsvägar presenteras. 1,1 pers/sm för utrymningsvägar som personerna i lokalen förväntas känna till och 0,75 pers/sm som bör tillämpas i övriga fall (Boverket, 2011).

Handberäkningarna delas upp i tre avsnitt där respektive brandscenario behandlas. Resultaten kommenteras nedan. Utförlig diskussion återfinns under avsnittet *Diskussion*.

#### Brandscenariot 1 - Garderoben

Nedan följer handberäkningar för förflyttningstiden i garderobsavdelningen där detta brandscenario inträffar.



Figur A.2. Utrymningsvägarna i källarplan markerade med E och trapporna med T. D1-D3 markerar de dörrar som tas med i handberäkningarna.



Enligt BBRAD är flödet 1,1 pers/sm genom de utrymningsvägar som är kända. I handberäkningarna görs antagandet att det endast är D1 och D2, som leder till huvudentrén, som är kända för besökarna. T2, E11 och E16 bedöms inte vara kända, varför dessa antas ha personflödet 0,75 pers/sm vardera. Utrymningsvägarnas bredder och flöden finns redovisade i Tabell A.11 nedan.

Tabell A.11. Bredder på utrymningsvägar samt vilket flöde respektive utgång tilldelats för brandscenario 1 – Garderober.

| Utrymningsväg | Bredd [m] | Flöde [pers/sm] |
|---------------|-----------|-----------------|
| <b>T2</b>     | 1,1       | 0,75            |
| <b>D1</b>     | 1,2       | 1,1             |
| <b>D2</b>     | 1,2       | 1,1             |
| <b>E11</b>    | 1,2       | 0,75            |
| <b>E16</b>    | 0,8       | 0,75            |

För att beräkna förflyttningstiden ställs problemet upp med hjälp av Excel. Personflödet genom respektive dörr multipliceras med dess bredd samt tiden. Varje kolumn summeras för att få fram när samtliga besökare har förflyttat sig ut från garderobsavdelningen. I dagsläget är det högsta tillåtna personantalet 300 i garderobsavdelningen.

Tabell A.12. Flöde genom respektive utrymningsväg vid olika tidssteg för brandscenario 1 – Garderober.

| Tid [s] | T2 [antal] | D1 [antal] | D2 [antal] | E11 [antal] | E16 [antal] | SUMMA [antal] |
|---------|------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------|
| 1       | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 5             |
| 5       | 4          | 7          | 7          | 3           | 5           | 25            |
| 10      | 8          | 13         | 13         | 6           | 10          | 50            |
| 15      | 12         | 20         | 20         | 9           | 15          | 76            |
| 20      | 17         | 26         | 26         | 12          | 20          | 101           |
| 25      | 21         | 33         | 33         | 15          | 24          | 126           |
| 30      | 25         | 40         | 40         | 18          | 29          | 151           |
| 35      | 29         | 46         | 46         | 21          | 34          | 176           |
| 40      | 33         | 53         | 53         | 24          | 39          | 202           |
| 45      | 37         | 59         | 59         | 27          | 44          | 227           |
| 50      | 41         | 66         | 66         | 30          | 49          | 252           |
| 55      | 45         | 73         | 73         | 33          | 54          | 277           |
| 60      | 50         | 79         | 79         | 36          | 59          | 302           |
| 65      | 54         | 86         | 86         | 39          | 63          | 328           |
| 70      | 58         | 92         | 92         | 42          | 68          | 353           |
| 75      | 62         | 99         | 99         | 45          | 73          | 378           |
| 80      | 66         | 106        | 106        | 48          | 78          | 403           |
| 85      | 70         | 112        | 112        | 51          | 83          | 428           |
| 90      | 74         | 119        | 119        | 54          | 88          | 454           |

I Tabell A.12 ovan visas att förflyttningstiden är, enligt handberäkningarna, cirka en minut för 300 personer. Simuleringarna av förflyttningstiden som görs i Simulex, där simuleringen motsvarar att alla besökare tar närmaste tillgängliga utrymningsväg, redovisar en förflyttningstid på cirka tre minuter. Denna skillnad i förflyttningstider mellan handberäkning och resultat från Simulex bedöms till stor del

bero på köbildningen som sker mot huvudtrappan. Denna köbildning är inget som tas hänsyn till i handberäkningarna vilket gör att dessa inte ger samma tid som simuleringen av förflyttningstiden i Simulex. Anledningen till att det kommer ske en påtaglig köbildning bedöms beror på att besökarna som befinner sig i Galleriet kommer att använda huvudtrappan. I handräkningarna tas dessutom ingen hänsyn till att personerna är tvungna att förflytta sig inom lokalen innan de passerar genom utrymningsvägen. På grund av den köbildning som sker vid huvudtrappan i simuleringarna i Simulex kommer inte det genomsnittliga personflödet genom dörrarna ut till huvudtrappan inte att bli lika högt som används i handberäkningarna.

#### Brandscenario 4 – Frigolitfigur

Här följer handberäkningar för förflyttningstiden i Galleriet där frigolitfiguren är placerad. För dessa beräkningar antas det att passagen mellan garderobsavdelningen och Galleriet är blockerad. D3 sätts som känd utgång för besökarna eftersom denna leder till huvudentrén. Utgångarna E12 och E13 antas inte vara kända för besökarna. Se Figur A.2 för placering av respektive utgång. I Tabell A.13 nedan redovisas personflöden och bredd på utrymningsvägar.

Tabell A.13. Bredder på utrymningsvägar samt vilket flöde respektive utgång tilldelats för brandscenario 4 – Frigolitfigur.

| Utrymningsväg | Bredd [m] | Flöde [pers/sm] |
|---------------|-----------|-----------------|
| D3            | 1,2       | 1,1             |
| E12           | 1,3       | 0,75            |
| E13           | 2,4       | 0,75            |

För att beräkna förflyttningstiden ställs problemet upp med hjälp av Excel. Personflödet genom respektive dörr multipliceras med dess bredd samt tiden. Varje kolumn summeras för att få fram när samtliga besökare har förflyttat sig ut från Galleriet. I dagsläget är det maximala tillåtna personantalet 350 personer i Galleriet.

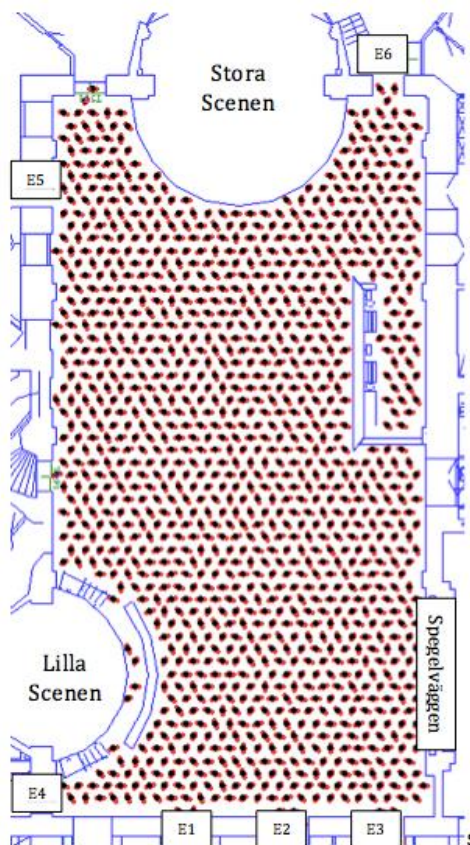
Tabell A.14. Flöde genom respektive utrymningsväg vid olika tidssteg för brandscenario 4 – Frigolitfigur

| Tid [s] | D3 [antal] | E12 [antal] | E13 [antal] | SUMMA [antal] |
|---------|------------|-------------|-------------|---------------|
| 1       | 1          | 1           | 2           | 4             |
| 5       | 7          | 5           | 9           | 20            |
| 10      | 13         | 10          | 18          | 41            |
| 15      | 20         | 15          | 27          | 61            |
| 20      | 26         | 20          | 36          | 82            |
| -----   | -----      | -----       | -----       | -----         |
| 60      | 79         | 59          | 108         | 246           |
| 65      | 86         | 63          | 117         | 266           |
| 70      | 92         | 68          | 126         | 287           |
| 75      | 99         | 73          | 135         | 307           |
| 80      | 106        | 78          | 144         | 328           |
| 85      | 112        | 83          | 153         | 348           |
| 90      | 119        | 88          | 162         | 369           |
| 95      | 125        | 93          | 171         | 389           |
| 100     | 132        | 98          | 180         | 410           |

I Tabell A.14 ovan visas att förflyttningstiden är, enligt handberäkningarna, cirka en minut och 30 sekunder för 350 personer. Simuleringarna av förflyttningstiden som görs i Simulex, där simuleringen motsvarar att alla besökare tar närmaste tillgängliga utrymningsväg, redovisar en förflyttningstid på cirka tre minuter och 30 sekunder. Denna relativt stora skillnad förklaras med samma argument som för brandscenario 1 – Garderoben ovan.

### Brandscenario 8 – Lilla Scenen

I detta avsnitt följer handberäkningar för förflyttningstiden i Stora Salongen där Lilla Scenen är placerad. I Figur A.3 redovisas de utrymningsvägar som finns tillgängliga för Stora Salongen.



Figur A.3. Översiktlig bild över utrymningsvägar från Stora Salongen.

För att efterlikna simuleringen av förflyttningstiden i Simulex görs antagandet att E4 inte kommer att användas eftersom branden troligen kommer att blockera denna utrymningsväg. Dessutom antas spegelväggen vara nere. Enligt BBRAD är flödet 1,1 pers/sm genom de utrymningsvägar som är kända. I handberäkningarna görs antagandet att det endast är E1, E2, och E3, som leder till huvudentrén, som är kända för besökarna. E5 och E6 anses inte vara kända, varför dessa antas ha personflödet 0,75 pers/sm vardera. Utrymningsvägarnas bredder och flöden finns redovisade i Tabell A.15 nedan.

Tabell A.15. Här redovisas bredder på utrymningsvägar samt vilket flöde respektive utgång tilldelats.

| Utrymningsväg | Bredd [m] | Flöde [pers/sm] |
|---------------|-----------|-----------------|
| E1            | 1,6       | 1,1             |
| E2            | 1,6       | 1,1             |
| E3            | 1,6       | 1,1             |
| E5            | 1,1       | 0,75            |
| E6            | 1,3       | 0,75            |

För att beräkna förflyttningstiden ställs problemet upp med hjälp av Excel. Personflödet genom respektive dörr multipliceras med dess bredd samt tiden. Varje kolumn summeras för att få fram när samtliga 1200 besökare har förflyttat sig ut från Stora Salongen. I Tabell A.16 redovisas resultatet av dessa beräkningar.

Tabell A.16. Flöde genom respektive utrymningsväg vid olika tidssteg brandscenario 8 – Lilla Scenen

| Tid [s] | E1 [antal] | E2 [antal] | E3 [antal] | E5 [antal] | E6 [antal] | SUMMA [antal] |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1       | 2          | 2          | 2          | 1          | 1          | 7             |
| 5       | 9          | 9          | 9          | 4          | 5          | 35            |
| 10      | 18         | 18         | 18         | 8          | 10         | 71            |
| 15      | 26         | 26         | 26         | 12         | 15         | 106           |
| 20      | 35         | 35         | 35         | 17         | 20         | 142           |
| 25      | 44         | 44         | 44         | 21         | 24         | 177           |
| 30      | 53         | 53         | 53         | 25         | 29         | 212           |
| ----    | ----       | ----       | ----       | ----       | ----       | ----          |
| 130     | 229        | 229        | 229        | 107        | 127        | 920           |
| 135     | 238        | 238        | 238        | 111        | 132        | 956           |
| 140     | 246        | 246        | 246        | 116        | 137        | 991           |
| 145     | 255        | 255        | 255        | 120        | 141        | 1027          |
| 150     | 264        | 264        | 264        | 124        | 146        | 1062          |
| 155     | 273        | 273        | 273        | 128        | 151        | 1097          |
| 160     | 282        | 282        | 282        | 132        | 156        | 1133          |
| 165     | 290        | 290        | 290        | 136        | 161        | 1168          |
| 170     | 299        | 299        | 299        | 140        | 166        | 1204          |

I Tabell A.16 ovan ses att förflyttningstiden är, enligt handberäkningarna, cirka 170 sekunder, vilket motsvarar nästa tre minuter, för 1200 besökare. De tider som tagits fram med Simulex är 200 och 210 sekunder, beroende på valet av fördelning över hur många som tar huvudentrén. Vid jämförelse med den handberäknade tiden och den tid som simulerats i Simulex görs bedömningen att tiderna stämmer bra överens. Därför bedöms simuleringarna av förflyttningstiden i Simulex som tillförlitliga.

## B. Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning

I denna bilaga beskrivs de modeller som används för att beräkna värmestrålningen från flammen samt från brandgaslagret under utrymning. De två strålningsintensiteterna beräknas först var för sig och viktas sen ihop för att få den totala strålningsintensiteten, beräkningsgången och resultaten redovisas också i bilagan.

### B.1 Strålning från flammen

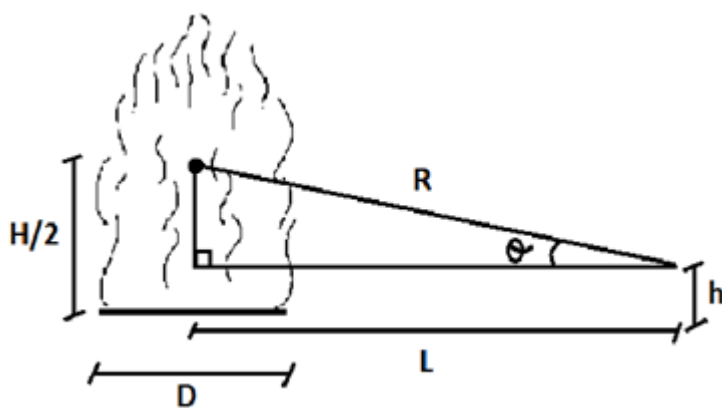
Värmestrålningen från flammen beräknas mot de dörröppningar som används vid utrymning och kan påverkas av flammans strålning. För dessa beräkningar används *point source*-modellen som antar att all strålning emitteras från flammans mittpunkt, se Ekvation 9. Modellen har vissa begränsningar och bör inte användas nära flammen eller vid höga strålningsnivåer, vid de förhållanden som undersöks vid utrymningen ger den dock giltiga resultat (Fleury, 2010)

$$\dot{q}'' = \frac{\dot{Q}_r \cdot \cos \theta}{4\pi R^2} \quad \text{Ekvation 9}$$

Endast en del av brandens energi avges i form av strålning, denna andel varierar bland annat beroende på bränslet. För svagt sotande bränslen uppgår strålningsandelen till cirka 0,15 och för starkt sotande bränslen upp till 0,6 av den totala effektutvecklingen (Fleury, 2010). Denna parameter är således viktig för slutresultatet och bör väljas med omsorg. Strålningsandelen sätts i samtliga beräkningar till 0,6 enligt Ekvation 10.

$$\dot{Q}_r = 0,6 \cdot \dot{Q} \quad \text{Ekvation 10}$$

Det görs på grund av att frigolit, som utgör bränslet vid ett av scenarierna, är ett starkt sotande bränsle och även för att ge ett konservativt värde vid beräkningarna för scenbranden eftersom det finns osäkerheter angående vilken typ av bränsle som kan förekomma där.



Figur B.1. Principskiss över *point source*-modellen.

För att få nödvändiga mått som beskrivs i Figur B.1 krävs bland annat att flamhöjden beräknas. Detta görs med hjälp av Heskestads ekvation, se Ekvation 11 (Fleury, 2010).

$$H = 0,23\dot{Q}^{2/5} - 1,02D \quad \text{Ekvation 11}$$

Sambandet är framtaget för pölbränder och förutsätter att branden har en cirkulär diameter. Ekvationen kan trots detta användas för att approximera flammhöjden även för andra typer av bränder, dock måste en beräkning av den ekvivalenta diametern göras om brandens diameter inte är cirkulär.

Det horisontella avståndet från flammen till beräkningspunkten (L) mäts upp i CAD-ritningarna och höjden (h) motsvarar ett uppskattat värde av medellängden på personerna i lokalen och har i beräkningarna ansatts till 1,75 meter. Med hjälp av dessa mått kan sen avståndet mellan flammans mittpunkt och beräkningspunkten (R) beräknas med hjälp av Pythagoras sats, Ekvation 12.

$$R = \sqrt{((H/2) - h)^2 + L^2} \quad \text{Ekvation 12}$$

Nu kan följande omskrivning göras, se Ekvation 13 nedan.

$$\dot{q}'' = \frac{\dot{Q}_r \cdot \cos \theta}{4\pi R^2} = \frac{0,6 \cdot \dot{Q} \cdot (L/R)}{4\pi R^2} \quad \text{Ekvation 13}$$

För att underlätta beräkningarna görs en approximation som medför att resultaten inte blir fullständigt korrekta men de påverkas endast marginellt vilket gör att förenklingen accepteras. Approximationen som görs är att det horisontella avståndet från flammans mittpunkt till beräkningspunkten (L) antas vara lika stort som det verkliga avståndet mellan dessa punkter (R). Förenklingen är dessutom konservativ eftersom  $R \geq L$ , i de fall som studeras i denna rapport visar en enkel känslighetsanalys dock att skillnaden som mest uppgår till några centimeter, se Tabell B.1.

Tabell B.1. Resultaten från känslighetsanalysen av R.

| H/2 [m] | h [m] | L [m] | R [m]      |
|---------|-------|-------|------------|
| 1       | 1,75  | 4,5   | <b>4,6</b> |
| 1       | 1,75  | 15    | <b>15</b>  |
| 1,5     | 1,75  | 4,5   | <b>4,5</b> |
| 1,5     | 1,75  | 15    | <b>15</b>  |
| 2       | 1,75  | 4,5   | <b>4,5</b> |
| 2       | 1,75  | 15    | <b>15</b>  |

Detta innebär att ekvationen för beräkning av strålningsintensiteten kan skrivas om enligt Ekvation 14 nedan.

$$\dot{q}'' = \frac{\dot{Q}_r \cdot \cos \theta}{4\pi R^2} = \frac{0,6 \cdot \dot{Q} \cdot (L/R)}{4\pi R^2} = \frac{0,6 \cdot \dot{Q}}{4\pi R^2} \quad \text{Ekvation 14}$$

## B.2 Strålning från brandgaslagret

Värmestrålningen från brandgaslagret hämtas direkt från simuleringarna i de fall där CFAST används. I övriga fall beräknas den istället med hjälp av en metod som bygger på att strålningen emitteras från en rektangulär platta och sen träffar en punkt där strålningsintensiteten beräknas. Strålningsintensiteten kan då beräknas med Ekvation 15 (Drysdale, 2011).

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \text{Ekvation 15}$$

Även vid användningen av denna modell görs ett konservativt antagande för att underlätta beräkningarna. Antagandet som görs är att synfaktorn ( $\phi$ ) är lika med 1 vilket leder till att strålningsintensiteten från brandgaslagret kommer att överskattas. Beräkningarna kan nu utföras med hjälp av Ekvation 16 nedan.

$$\dot{q}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Ekvation 16

Emissionstalet sätts till 0,7 (Karlsson & Quintiere, 2000) och temperaturerna på brandgaslagret hämtas från FDS-simuleringarna där ett medelvärde på brandgastemperaturen beräknas eftersom den varierar inom lagret.

### B.3 Total strålningsintensitet

Den totala strålningsintensiteten beräknas genom att väga ihop strålningen från flammen och strålningen från brandgaslagret. Detta görs genom att beräkna det kvadratiska medelvärdet enligt Ekvation 17. Anledningen till att strålningsintensiteterna inte adderas är att de emitteras från olika källor vilket innebär att strålningen inte träffar samma punkt.

$$\dot{q}_{tot}'' = \sqrt{(\dot{q}_f'')^2 + (\dot{q}_b'')^2}$$

Ekvation 17

Eftersom båda de ingående strålningsintensiteterna varierar med tiden är det svårt att iterera fram tiden till kritisk strålningsintensitet. Därför väljs ett annat angreppssätt som går ut på att strålningsintensiteten beräknas vid tiden när kritiska förhållanden uppnås på grund av andra faktorer. Om strålningsintensiteten vid denna tidpunkt är lägre än den kritiska strålningsintensiteten kommer tiden till kritiska förhållanden att förbli den samma.

#### B.3.1 Scenario 8 - Lilla Scenen

Strålningsintensiteten från brandgaslagret hämtas i detta scenario från utdatafilerna från CFAST. Den totala strålningsintensiteten beräknas för samtliga effektutvecklingar vid de tre dörröppningar som markerats i Tabell B.1 och resultat redovisas i Tabell B.2 - Tabell B.4. De fullständiga beräkningarna visas endast för det första fallet eftersom samma beräkningsgång används för samtliga fall. För detta fall gäller att brandens maximala effekt är 1 MW, tillväxthastigheten är *fast*, tid till kritiska förhållanden är 450 sekunder och avståndet från flammen är 15 meter vilket ger följande beräkningar:

Strålningsintensiteteten från brandgaslagret vid 450 sekunder hämtas från CFAST-simuleringen:

$$\dot{q}_b'' = 0,172 \text{ kW/m}^2$$

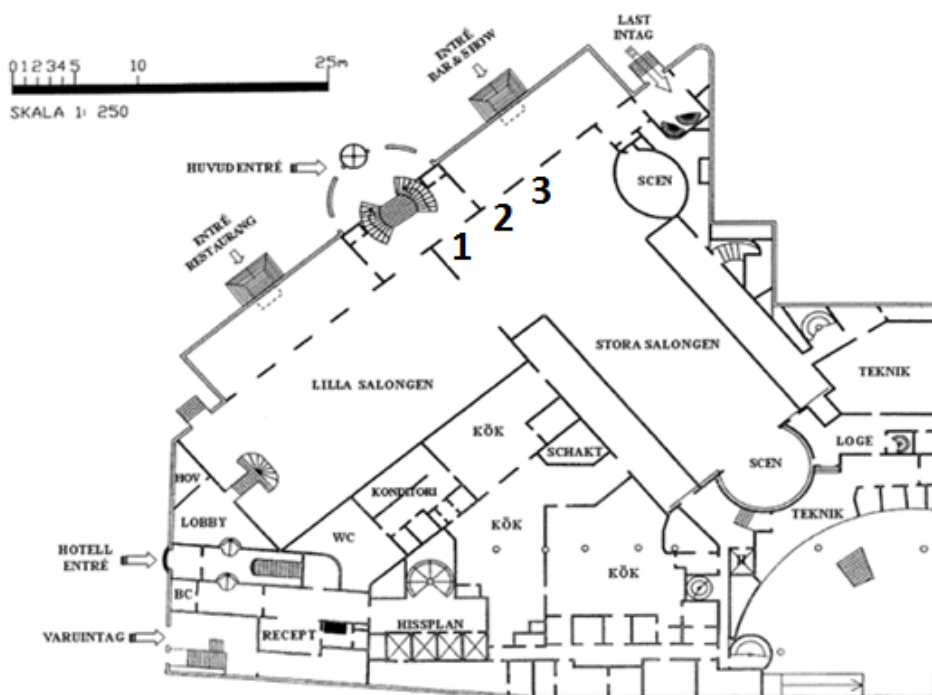
Effekten vid tiden 450 sekunder blir enligt alfa-t2 modellen:

$$\dot{Q} = 0,047 \cdot 420^2 > 1000 \text{ kW}$$

Maxeffekten för branden var dock 1 MW (=1000 kW) vilket gör att effekten vid 450 sekunder sätts till detta värde och används vid beräkningen av strålningen från flammen:

$$\dot{q}_f'' = \frac{0,6 \cdot 1000}{4\pi \cdot 15^2} = 0,212 \text{ kW/m}^2$$

$$\dot{q}_{tot}'' = \sqrt{0,162^2 + 0,212^2} = 0,27 \text{ kW/m}^2$$



Figur B.2. Dörröppningar där strålningsintensiteten från flammen beräknas.

Tabell B.2. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för Lilla Scenen utan åtgärder

| Tid till kritiska förhållanden [s] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 1 (15m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 2 (11,5m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 3 (8,3m) |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 450*                               | 1000           | 0,27 kW/m <sup>2</sup>         | 0,40 kW/m <sup>2</sup>           | 0,71 kW/m <sup>2</sup>          |
| 600*                               | 1000           | 0,28 kW/m <sup>2</sup>         | 0,41 kW/m <sup>2</sup>           | 0,72 kW/m <sup>2</sup>          |
| 320                                | 3000           | 0,74 kW/m <sup>2</sup>         | 1,14 kW/m <sup>2</sup>           | 2,11 kW/m <sup>2</sup>          |
| 510                                | 3000           | 0,74 kW/m <sup>2</sup>         | 1,15 kW/m <sup>2</sup>           | 2,11 kW/m <sup>2</sup>          |
| 300                                | 4230           | 0,97 kW/m <sup>2</sup>         | 1,57 kW/m <sup>2</sup>           | <b>2,96 kW/m<sup>2</sup></b>    |
| 510                                | 3121           | 0,76 kW/m <sup>2</sup>         | 1,19 kW/m <sup>2</sup>           | 2,19 kW/m <sup>2</sup>          |

\*Kritiska förhållanden uppnås aldrig, istället används tiden till maximal strålningsintensitet.

Tabell B.3. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för Lilla Scenen med brandgasventilation på 10 m<sup>3</sup>/s.

| Tid till kritiska förhållanden [s] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 1 (15m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 2 (11,5m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 3 (8,3m) |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 450*                               | 1000           | 0,25 kW/m <sup>2</sup>         | 0,38 kW/m <sup>2</sup>           | 0,71 kW/m <sup>2</sup>          |
| 600*                               | 1000           | 0,25 kW/m <sup>2</sup>         | 0,39 kW/m <sup>2</sup>           | 0,71 kW/m <sup>2</sup>          |
| 390                                | 3000           | 0,77 kW/m <sup>2</sup>         | 1,17 kW/m <sup>2</sup>           | 2,12 kW/m <sup>2</sup>          |
| 540                                | 3000           | 0,74 kW/m <sup>2</sup>         | 1,15 kW/m <sup>2</sup>           | 2,11 kW/m <sup>2</sup>          |
| 330                                | 5118           | 1,19 kW/m <sup>2</sup>         | 1,91 kW/m <sup>2</sup>           | <b>3,58 kW/m<sup>2</sup></b>    |
| 540                                | 3499           | 0,85 kW/m <sup>2</sup>         | 1,33 kW/m <sup>2</sup>           | 2,46 kW/m <sup>2</sup>          |

\*Kritiska förhållanden uppnås aldrig, istället används tiden till maximal strålningsintensitet.



Tabell B.4. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för Lilla Scenen med spegelväggen bortplockad

| Tid till kritiska förhållanden<br>[s] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 1<br>(15m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 2<br>(11,5m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 3<br>(8,3m) |
|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 450*                                  | 1000           | 0,25 kW/m <sup>2</sup>            | 0,38 kW/m <sup>2</sup>              | 0,71 kW/m <sup>2</sup>             |
| 600*                                  | 1000           | 0,26 kW/m <sup>2</sup>            | 0,39 kW/m <sup>2</sup>              | 0,71 kW/m <sup>2</sup>             |
| 350                                   | 3000           | 0,72 kW/m <sup>2</sup>            | 1,13 kW/m <sup>2</sup>              | 2,11 kW/m <sup>2</sup>             |
| 570                                   | 3000           | 0,73 kW/m <sup>2</sup>            | 1,14 kW/m <sup>2</sup>              | 2,11 kW/m <sup>2</sup>             |
| 450                                   | 6700           | 1,44 kW/m <sup>2</sup>            | 2,43 kW/m <sup>2</sup>              | <b>4,65 kW/m<sup>2</sup></b>       |
| 330                                   | 1306           | 0,52 kW/m <sup>2</sup>            | 0,64 kW/m <sup>2</sup>              | 1,00kW/m <sup>2</sup>              |

\*Kritiska förhållanden uppnås aldrig, istället används tiden till maximal strålningsintensitet.

Resultaten av strålningsberäkningarna visar att den kritiska nivån för långvarig strålningsintensitet, som är 2,5 kW/m<sup>2</sup>, i vissa fall överskrids vid dörröppningarna i scenario 8 – Lilla scenen. För att kontrollera om personer som utrymmer kan utsättas för denna värmestrålning studeras Simulex-simuleringarna. Dessa visar att samtliga människor med god tidsmarginal lyckas utrymma Stora Salongen innan dessa förhållanden uppkommer. Därför anses de utrymmande personerna inte kunna utsättas för någon långvarig strålningspåverkan och kriterierna för värmestrålning anses därför vara uppfyllda.

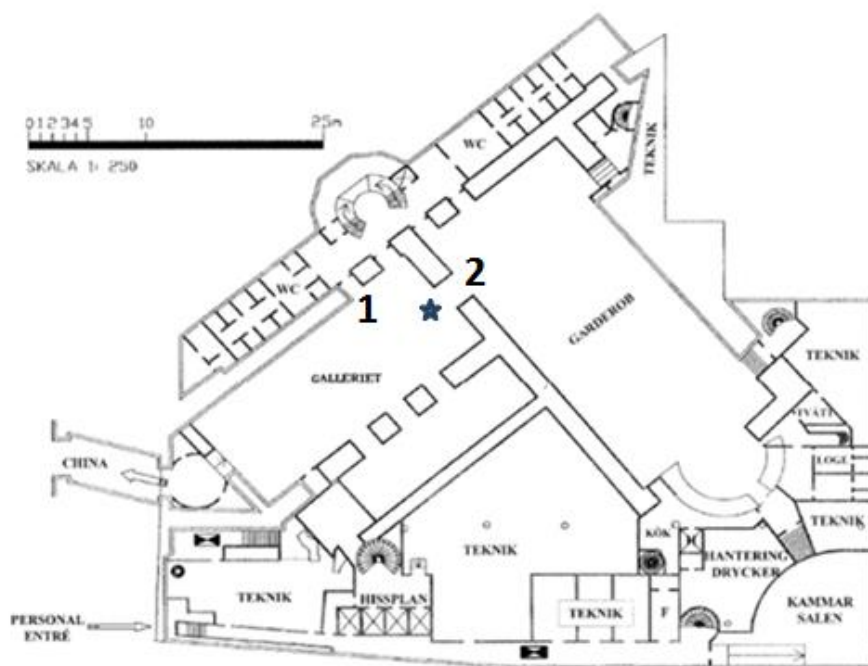
### B.3.2 Scenario 4 – Frigolitfigur

Strålningsintensiteten beräknas för två dörröppningar som finns markerade i Figur B.3 och avstånd samt resultat redovisas ovan. Beräkningen av strålningsintensiteten från brandgaslagret visas för det första fallet, i övrigt beräknas den totala strålningsintensiteten på samma sätt som för Scenario 8 – Lilla Scenen. I detta fall är tiden till kritiska förhållanden 115 sekunder och medeltemperaturen i brandgaslagret bestäms med hjälp av FDS-simuleringen till 366 K, detta ger:

$$\dot{q}''_b = 0,7 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 366^4 = 712 \text{ W} = 0,712 \text{ kW}$$

Detta resulterar efter fullständiga beräkningar i:

$$\dot{q}''_{tot} = \sqrt{0,712^2 + 0,715^2} = 1,009 \text{ kW/m}^2$$



Figur B.3. Dörröppningar där strålningsintensiteten från flammen beräknas.

Tabell B.5. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för frigolitfiguren, utan åtgärder.

| Tid till kritiska förhållanden [s] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 1 (6,5m) | $\dot{q}''_{tot}$ dörr 2 (4,5m) |
|------------------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 170                                | 1383           | 1,72 kW/m <sup>2</sup>          | 3,34 kW/m <sup>2</sup>          |

### B.3.3 Scenario 1 – Garderoben

Eftersom garderobsbrandens placering i garderoben inte är exakt fastställd beräknas endast strålningsintensiteten för ett troligt värsta fall. Branden antas utbryta i den fasta garderoben nära utgången mot huvudentrén. Detta avstånd uppmäts till cirka 10 meter. Beräkningsgången är den samma som för övriga scenarier och resultatet redovisas i nedan.

Tabell B.6. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för garderobsbranden, utan åtgärder.

| Tid till kritiska förhållanden [s] | Brandgaslagrets medel temperatur [K] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ (10m) |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 150                                | 330                                  | 1058           | 0,69 kW/m <sup>2</sup>  |

Tabell B.7. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för garderobsbranden med brandgasventilation på 20 m<sup>3</sup>/s.

| Tid till kritiska förhållanden [s] | Brandgaslagrets medel temperatur [K] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ (10m) |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 160                                | 311                                  | 1203           | 0,68 kW/m <sup>2</sup>  |

Tabell B.8. Total strålningsintensitet vid kritiska förhållanden för garderobsbranden med brandgasventilation på 35 m<sup>3</sup>/s

| Tid till kritiska förhållanden [s] | Brandgaslagrets medel temperatur [K] | $\dot{Q}$ [kW] | $\dot{q}''_{tot}$ (10m) |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| Skjer ej*                          | 353                                  | 3000           | 1,56 kW/m <sup>2</sup>  |

\*Kritiska förhållanden uppnås aldrig, istället används den maximala temperaturen och effektutvecklingen



### C. Bilaga C: Brandspridning

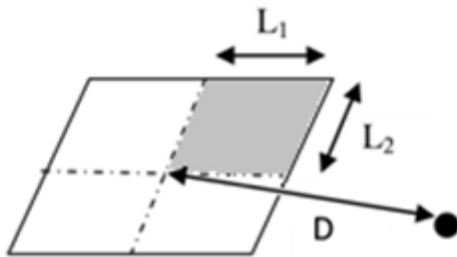
För scenariot med frigolitfiguren görs även strålningsberäkningar för att kontrollera om det finns risk för brandspridning. Detta görs eftersom det finns andra bränslepaket i närheten av frigolitfiguren, dessa utgörs av en bar som är byggd i trä och enklare soffor som består av en stomme i trämaterial och dynor av okänt material. Strålningsintensiteten beräknas med hjälp av Ekvation 15 (Drysdale, 2011). Denna metod används eftersom den, till skillnad från point source-modellen, även är giltig för höga strålningsnivåer.

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Plattans geometri uppskattas med hjälp av flammans höjd och bredd och avståndet till bränslepaketet mäts som i CAD-ritningarna. Plattans höjd sätts lika med flammhöjden, som beräknas med hjälp av Heskestads ekvation, brandens diameter uppskattas till 1,5 meter vilket ger följande flammhöjd vid maxeffekten som är cirka 1600 kW:

$$H = 0,23 \cdot 1600^{2/5} - 1,02 \cdot 1,5 = 2,87 \text{ m}$$

Plattans bredd antas vara lika med brandens diameter alltså 1,5 meter.



Figur C.1. Principskiss över strålning från platta mot punkt.

Synfaktorn för det skuggade området i Figur C.1 ( $\phi_{del}$ ) kan hämtas från tabell i litteraturen (Drysdale, 2011) genom att först beräkna  $S$  och  $\alpha$  enligt nedan Ekvation 18 och Ekvation 19.

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{Ekvation 18}$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} \quad \text{Ekvation 19}$$

Om rektangelns fyra delar är lika stora kan den totala synfaktorn ( $\phi$ ) fås genom att multiplicera  $\phi_{del}$  med fyra, se Ekvation 20.

$$\phi = 4 \cdot \phi_{del} \quad \text{Ekvation 20}$$

Emissionstalet sätts till 0,7 (Drysdale, 2011) och flamtemperaturen till 900°C (Babrauskas, 2006).

De fullständiga beräkningarna visas för strålningsintensiteten mot sofforna och motsvarande beräkning görs sedan för baren. Resultaten redovisas i Tabell C.1.

För att ta fram synfaktorn ur tabellen beräknas först  $S$  och  $\alpha$ , om beteckningarna i Tabell C.1 används fås:

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{1,5/2}{2,87/2} = 0,52 \approx 0,5$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} = \frac{(1,5/2) \cdot (2,87/2)}{3^2} = 0,12$$

S avrundas eftersom den inte påverkar synfaktorn nämnvärt, för  $\alpha$  görs däremot en linjär interpolation, detta ger:

$$\phi_{del} = 0,032$$

$$\phi = 4 \cdot \phi_{del} = 4 \cdot 0,032 = 0,128$$

Strålningen kan nu beräknas på följande sätt:

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 = 0,128 \cdot 0,7 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1173^4 = 9618 \text{ W/m}^2 \approx 9,6 \text{ kW/m}^2$$

Tabell C.1. Avstånd, synfaktor och strålningsintensitet mot närliggande bränslepaket.

| Objekt   | Avstånd[m] | Synfaktor[-] | $\dot{q}''$ [kW/m <sup>2</sup> ] |
|----------|------------|--------------|----------------------------------|
| Sofforna | 3          | 0,128        | 9,6                              |
| Baren    | 1,5        | 0,352        | 26,4                             |

## D. Bilaga D: Datorprogram

I denna bilaga beskrivs de datorprogram som har använts i rapporten och hur de fungerar samt vilka begränsningar som dessa program innefattas av.

### D.1 Detact

Sprinkler- och detektoraktivering för de olika scenarierna beräknades med hjälp av en webbaserad version av datorprogrammet Detact-T2 som tagits fram av NIST (Molinelli, 2012). Programmet bygger på antagandet att sprinklern eller detektorns känselement endast värms upp av takstrålen och inte av ett eventuellt etablerat brandgaslager. Brandens effektutveckling antas tillväxa enligt alfa-t2 modellen och tillväxthastigheten är därför den enda indata som krävs gällande branden (Nilsson & Holmstedt, 2007). Övriga indata beskriver förhållanden som rumstemperatur, takhöjd, RTI med mera. Som utdata erhålls aktiveringstiden och brandens effekt vid denna tid. In- och utdata för respektive scenario redovisas i *Bilaga F: In- och utdata för Detact-T2*.

Vid beräkning av tiden till detektoraktivering för en rökdetektor kan en detektionsmodell som utnyttjar temperaturökningen i brandgaserna användas. Den verkliga rökdetektorn reagerar inte på temperaturökningen utan på partiklarna i brandgaserna, vilket gör att beräkningsmodellen har en del begränsningar. Den tar exempelvis inte hänsyn till faktorer som att sotproduktionen varierar med bränslet och att olika detektorers känslighet varierar beroende på modell och tillverkare. Det går trots detta att använda temperaturökningen för att få en approximativ detektionstid. Detta görs genom att i Detact-T2 ange aktiveringstemperaturen som omgivningstemperaturen adderat med en viss temperaturökning som ofta sätts till 13 °C. Nyare detektorer reagerar enligt vissa studier redan vid 4-5 °C, vilket är det värde som används i denna rapport. RTI sätts till ett lågt värde för att det tänkta känselementet ska ha en temperatur som är i princip densamma som den för de omgivande brandgaserna (Nilsson & Holmstedt, 2007).

### D.2 Simulex

Simulex är ett datorprogram som används för att simulera utrymning av en byggnad. Byggnaden kan innehålla flera plan som länkas samman med trappor i programmet. För att rita upp de geometrier som gäller för byggnaden används ritningar från CAD som underlag. Varje våningsplan läggs in i programmet därefter länkas de samman med trappor, där användaren anger mellan vilka våningsplan trapporna ska sträcka sig, hur bred trappan ska vara samt vilken längd. Utgångar placeras på motsvarande sätt, det vill säga att användaren definierar på vilket plan utgången ska ligga och hur bred denna ska vara. Innan användaren kan placera ut människor i lokalerna måste så kallade avståndskartor beräknas, dessa beskriver avståndet till närmaste utgång för alla punkter i byggnaden. Det går med hjälp av olika avståndskartor att bestämma vilka utgångar som ska vara tillgängliga för individerna i byggnaden (Nilsson, 2007).

Då människor placeras ut i lokalerna finns vissa parametrar som kan definieras. Exempelvis väljs vilken typ av person, vilken avståndskarta som ska gälla för denna individ samt vilken fördröjningstid som individen i fråga ska tilldelas. Fördröjningstiden är den tid det tar för personen att påbörja sin förflyttning. Gånghastigheten beror på valet av person där det finns denna hastighet är empiriskt bestämd som baseras på empiriska data från verkliga försök. Exempelvis kan personen definieras som barn, kvinnor, äldre, funktionshindrade eller hotellgäster. Förflyttningshastigheten kan även ändras manuellt av användaren om detta behövs (Nilsson, 2007).

Det sker en reducering av gånghastigheten när personerna går uppför trappor med 65 % och när de går neråt i trappan sker en minskning med 50 % av ursprungshastigheten. Gånghastigheten reduceras även när andra personer befinner sig mindre än 1,6 meter framför personen i fråga. Detta förhållande mellan

minskning av gånghastigheten och avståndet mellan personer är empiriskt framtaget. Personerna i Simulex kan passera långsammare individer, dock kan detta endast ske då persontätheten är lägre än 2 personer per kvadratmeter (Nilsson, 2007).

Det kan ske köbildning kring hörn och dylikt då personerna i Simulex väntar bakom varandra istället för att gå om på utsidan. Detta beror på att gångavståndet blir längre om personen går förbi på utsidan och eftersom individerna ska ta det närmaste avståndet blir det köbildning (Nilsson, 2007).

Den version av Simulex som används i denna rapport är *Simulex – Version 2012.0.1.1*.

### D.3 FDS

FDS är ett Computational fluid dynamics (CFD) program som är framtaget och verifierat av NIST. Programmet fungerar genom att det beräknar flödet i en mindre volym. Flödet genom varje volym beräknas med hjälp av förgående tidssteg och vilka angränsande volymer som den har. Detta blir ett stort rutnät av små celler som kallas för *mesh*. Alla beräkningar använder sig av Navier-Stokes ekvationerna, vilka bygger på bevarandet av massa, rörelse, energi och ämnen. (McGrattan, et al., 2010)

Desto mindre volym på en cell som används ju exakt blir resultatet. I en större volym där det finns rörelser som är mindre än själva cellen syns inte detta. Dock blir simuleringstiden längre när mindre celler används. En halvering av längden på en cell skulle leda till att mängden celler fyrdubblas vilket gör att simuleringstiden blir 16 gånger längre (McGrattan, et al., 2010).

Versionen som används av FDS är *FDS 5*.

### D.4 Pyrosim

Detta program används för att underlätta uppbyggnaden av den geometri som används i FDS (Thunderhead, 2013).

Versionen som används av Pyrosim är *Version.2012.1.1221*.

### D.5 @risk

Programmet @risk är ett datorprogram som används tillsammans med Microsoft Excel. Programmet arbetar med hjälp av MonteCarlo-simuleringar för att räkna ut möjliga sannolika händelser. Det använder sig av matematiska modeller för att få fram sannolikheter (Palisade, 2013).

### D.6 CFAST

CFAST är ett simuleringsprogram som används för att simulera brandförlopp och rökspridning i en byggnad och utvecklaren av programmet är NIST (Peacock, et al., 2005).

CFAST använder sig utav tvåzonsmodell. Det innebär i korthet att ett rum är uppdelat i två zoner, en varm och en kall zon. Dessa representerar ett övre och ett undre lager i ett rum. Inom zonerna antas det att temperaturen, rök och gas koncentrationerna alltid är densamma i alla punkter. Alltså kommer förhållanden endast skilja sig mellan de två zonerna och inga skillnader finns inom zonerna. (Peacock, et al., 2005).

De matematiska modellerna som CFAST använder är ordinära differentialekvationer (ODE). Ekvationerna som modellerna bygger på är härledda från ekvationerna om bevarandet av massa och energi (termodynamikens första lag), ideala gaslagen samt Bernoullis flödesekvationer. Dessa ekvationer tar fram värden på till exempel tryck, höjd på brandgaslager och temperatur som en funktion av tiden (Peacock, et al., 2009).



CFAST används ofta därför att simuleringstiden är kort jämfört med till exempel FDS. Detta beror på två stora antaganden som görs. Det ena är att inga hastighetsekvationer används och att det krävs en liten mängd zoner och element för varje brandsimulering. Detta påverkar hur bra resultatet blir då till exempel gravitationen inte tas med i beräkningarna. Dock leder dessa förenklingar till att tiden det tar att simulera minskar drastiskt. Ytterligare en begränsning med programmet är att den inte tar hänsyn till transporttiden för gaserna. Det gör att programmet är aningen missvisande i hur snabbt brandgaslagret sjunker neråt och att det i verkligheten tar längre tid än vad som visas i simuleringen (Peacock, et al., 2009).

Geometrierna som används i simuleringarna bör vara av den enklare modellen. Ska ett rum med komplex geometri simuleras rekommenderas att CFD-program används. Tvåzonsmodellen fungerar bäst när bredd och längd inte är för olika, annars måste andra inställningar användas i programmet. Gränserna för detta visas i Tabell D.1 och enligt uträkningar är förhållanden mellan måtten på Stora Salongen inom de rekommenderade gränserna (Peacock, et al., 2009).

Tabell D.1 Rekommenderade måttförhållanden (Peacock, et al., 2009).

|              | Accepterat    | Speciell hänsyn krävs | Använd korridor flödesalgoritm | Stora Salongen |
|--------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|----------------|
| <b>(L/B)</b> | $(L/B) < 3$   | $3 < (L/B) < 5$       | $(L/B) > 5$                    | 25/15,4=1,62   |
| <b>(L/H)</b> | $(L/H) < 3$   | $3 < (L/H) < 6$       | $(L/H) > 6$                    | 25/12,5=2      |
| <b>(B/H)</b> | $(B/H) > 0,4$ | $0,2 < (B/H) < 0,4$   | $(B/H) < 0,2$                  | 15,4/12,5=1,23 |



## E. Bilaga E: Simulex

I denna bilaga redovisas de olika plan, utrymningsvägar och trappor som definierats i Simulex.

För samtliga simuleringar i Simulex definierades personerna som *Japan Theatre*, vilken är en förvald fördelning av människor i simuleringsprogrammet. Förflyttningshastigheten för Japan Theatre är 1,0 m/s. *Response time* sattes till noll för samtliga simuleringar eftersom varseblivningstiden och förberedelsestiden adderas i efterhand, var för sig, tillsammans med förflyttningstiden.

Utrymningsvägarna via toaletterna på källarplanet tas inte med i simuleringen. Detta motiveras med att dessa utrymningsvägar är svåra att upptäcka och uppfattas inte som en naturlig utrymningsväg för besökarna. Flödet av människor genom denna utrymningsväg kommer att vara litet vid utrymning vilket gör att detta antagande inte bedöms påverka resultatet av simuleringarna nämnvärt.

Tabell E.1. Redogörelse över de olika planen som definierats i Simulex.

| Plan                               | Benämning i Simulex | Elevation (höjd relativt varandra) |
|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Källarplan                         | Floor 0             | 0 m                                |
| Markplan                           | Floor Mark          | 2 m                                |
| Entréplan                          | Floor 1             | 3 m                                |
| Balkongerna och Stora Uteterrassen | Floor 2             | 6,5 m                              |

Tabell E.2. Mått på trapporna i byggnaden. Inom parentes redogörs mellan vilka plan den specifika trappan sträcker sig.

| Trappa   | Utrymningsbredd [m] | Längd [m] |
|--|---------------------|-----------|
| <b>HT</b> (Källarplan-Markplan)                | 3                   | 6         |
| <b>HT</b> (Markplan-Entréplan)                 | 3                   | 3         |
| <b>HT</b> (Entréplan-Stora Uteterrassen)       | 3                   | 12        |
| <b>Trappa 1</b>                                | 1,1                 | 10        |
| <b>Trappa 2</b> (Källarplan-Entréplan)         | 1,1                 | 10        |
| <b>Trappa 2</b> (Entréplan-Stora Uteterrassen) | 1,1                 | 10        |
| <b>Trappa 3</b>                                | 1,2                 | 12        |
| <b>Trappa 4</b>                                | 1,1                 | 10        |
| <b>Trappa 5</b>                                | 1,3                 | 10        |
| <b>Trappa 6</b>                                | 1,3                 | 10        |

Spiraltrapporna T1, T2, T3, T4, T5 och T6 har en verklig radie på 2 meter. Dessa trappor svänger 360 grader mellan två olika plan. För att beräkna längden av en sådan trappa beräknas omkretsen av en cirkel med radie 2 meter, då fås en omkrets på 12 meter fram. Eftersom en person inte befinner sig längst ut i trappan när den används sätts längden till spiraltrapporna till 10 meter. För huvudtrappan (HT) och trappa 3 sätts längden till 12 meter i det fall där den går 360 grader, detta eftersom dessa trappors diameter är längre än de som nämnts ovan. Det egentliga flödet i en spiraltrappa skiljer sig, med stor sannolikhet, jämfört med en vanlig trappa men denna skillnad har försumrats att flödet genom spiraltrapporna ansätts till samma som i en vanlig trappa.



## F. Bilaga F: In- och utdata för Detact-T2

Nedan följer de in- och utdata som används i datorprogrammet Detact-T2. Eftersom programmet kräver att brandens tillväxthastighet anges, utförs en beräkning för att ta fram denna för frigolitfiguren. I de övriga scenarierna är tillväxthastigheten redan känd. Beräkningen som bygger på antagandet om att branden tillväxer enligt alfa-t2 modellen redovisas i Ekvation 21 nedan.

$$\alpha = \dot{Q}/t^2 = 1550 \cdot 10^3 / 180^2 = 47,84 \text{ W/s}^2 \quad \text{Ekvation 21}$$

Detta ger tillväxthastigheten under de första 180 sekunderna, brandens effekt har då nått upp till 1550 kW. Tiden 180 sekunder väljs eftersom tillväxthastigheten minskar något vid denna tid innan maximal effekten på 1800 kW nås. Värdet på tillväxthastigheten blir således konservativt.

### F.1 Detact Sprinkleraktivering

Nedan följer de siffror som har förts in i Detact i de olika scenarierna för att räkna ut tiden till sprinkleraktivering. Avståndet mellan sprinklerhuvudena ska enligt gällande standard, SBF 120:5, uppgå till maximalt 4,6 meter. I Stora Salongen är sprinklersystemet däremot inte utfört enligt denna standard utan sprinklerhuvudena i taket är placerade på en rörslinga. Eftersom det brinner på scenen sätts maximalt sprinkleravstånd till 3 meter. Detta är avståndet mellan sprinklerna på slingan som, avståndet från scenens mittpunkt till slingan är cirka 1,5 meter. Eftersom effektutvecklingarna är relativt höga vid aktivering samt att takhöjden är stor bedöms sprinklern endast begränsa branden och inte dämpa den.

Tabell F.1. Indata Detact garderobsbrand, sprinkleraktivering.

| Indata Garderoben         |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Omgivningstemperatur      | 20 °C                                 |
| RTI                       | 390 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| Aktiveringstemperatur     | 68 °C                                 |
| Tillväxthastighet         | Fast ( $\approx 47 \text{ W/s}^2$ )   |
| Takhöjd                   | 3 m                                   |
| Maximalt sprinkleravstånd | 4,6 m                                 |

Tabell F.2. Utdata Detact garderobsbrand, sprinkleraktivering.

| Utdata Garderoben |                   |
|-------------------|-------------------|
| Aktiveringstid    | 4,27 min (=256 s) |
| Effektutveckling  | 3075 kW           |

Tabell F.3. Indata Detact frigolitfigur, sprinkleraktivering.

| Indata Frigolitfiguren    |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Omgivningstemperatur      | 20 °C                                 |
| RTI                       | 114 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| Aktiveringstemperatur     | 68 °C                                 |
| Tillväxthastighet         | 47,84 W/s <sup>2</sup>                |
| Takhöjd                   | 3 m                                   |
| Maximalt sprinkleravstånd | 4,6 m                                 |

Tabell F.4. Utdata Detact frigolitfigur, sprinkleraktivering.

| Utdata Frigolitfiguren |                     |
|------------------------|---------------------|
| Aktiveringstid         | 3,06 min (=183,6 s) |
| Effektutveckling       | 1618 kW             |

Tabell F.5. Indata Detact garderobsbrand, sprinkleraktivering med RTI 50.

| Indata Garderoben         |  |
|---------------------------|--|
| Omgivningstemperatur      | 20 °C                                  |
| RTI                       | 50 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup>   |
| Aktiveringstemperatur     | 68 °C                                  |
| Tillväxthastighet         | Fast ( $\approx 47$ W/s <sup>2</sup> ) |
| Takhöjd                   | 3 m                                    |
| Maximalt sprinkleravstånd | 4,6 m                                  |

Tabell F.6. Utdata Detact garderobsbrand, sprinkleraktivering med RTI 50.

| Utdata Garderoben |                     |
|-------------------|---------------------|
| Aktiveringstid    | 2,59 min (=155,4 s) |
| Effektutveckling  | 1129 kW             |

Tabell F.7. Indata Detact frigolitfigur, sprinkleraktivering med RTI 50.

| Indata Frigolitfiguren    |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Omgivningstemperatur      | 20 °C                                |
| RTI                       | 50 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| Aktiveringstemperatur     | 68 °C                                |
| Tillväxthastighet         | 47,84 W/s <sup>2</sup>               |
| Takhöjd                   | 3 m                                  |
| Maximalt sprinkleravstånd | 4,6 m                                |

Tabell F.8. Utdata Detact frigolitfigur, sprinkleraktivering med RTI 50.

| Utdata Frigolitfiguren |                     |
|------------------------|---------------------|
| Aktiveringstid         | 2,57 min (=154,2 s) |
| Effektutveckling       | 1137 kW             |

Tabell F.9. Indata Detact Lilla Scenen (fast tillväxthastighet), sprinkleraktivering.

| Indata Lilla Scenen (Fast) |  |
|----------------------------|--|
| Omgivningstemperatur       | 20 °C                                  |
| RTI                        | 390 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup>  |
| Aktiveringstemperatur      | 68 °C                                  |
| Tillväxthastighet          | Fast ( $\approx 47$ W/s <sup>2</sup> ) |
| Takhöjd                    | 11 m                                   |
| Maximalt sprinkleravstånd  | 3 m                                    |

Tabell F.10. Utdata Detact Lilla Scenen (fast tillväxthastighet), sprinkleraktivering.

| Utdata Lilla Scenen (Fast) |                  |
|----------------------------|------------------|
| <b>Aktiveringstid</b>      | 6,3 min (=378 s) |
| <b>Effektutveckling</b>    | 6700 kW          |

Tabell F.11. Indata Detact Lilla Scenen (medium tillväxthastighet), sprinkleraktivering.

| Indata Lilla Scenen (Medium)     |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Omgivningstemperatur</b>      | 20 °C                                 |
| <b>RTI</b>                       | 390 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| <b>Aktiveringstemperatur</b>     | 68 °C                                 |
| <b>Tillväxthastighet</b>         | Medium ( $\approx 12 \text{ W/s}^2$ ) |
| <b>Takhöjd</b>                   | 11 m                                  |
| <b>Maximalt sprinkleravstånd</b> | 3 m                                   |

Tabell F.12. Utdata Detact Lilla Scenen (medium tillväxthastighet), sprinkleraktivering.

| Utdata Lilla Scenen (Medium) |                      |
|------------------------------|----------------------|
| <b>Aktiveringstid</b>        | 10,23 min (=613,8 s) |
| <b>Effektutveckling</b>      | 4421 kW              |

## F.2 Detact Detektoraktivering

Nedan följer de siffror som har förts in i Detact i de olika scenarierna för att räkna ut tiden till detektoraktivering. Det maximala detektoravståndet är hämtat från den gällande standarden för brandlarm i lokalerna, SBF 110:6, och uppgår till 10 meter. Temperaturökningen vid detektion är satt till 5 °C och RTI har valts till 0,5 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup> (Nilsson & Holmstedt, 2007).

Tabell F.13. Indata garderoben, detektoraktivering.

| Indata Garderoben               |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Omgivningstemperatur</b>     | 20 °C                                 |
| <b>RTI</b>                      | 0,5 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| <b>Aktiveringstemperatur</b>    | 25 °C (=20 °C + 5 °C)                 |
| <b>Tillväxthastighet</b>        | Fast ( $\approx 47 \text{ W/s}^2$ )   |
| <b>Takhöjd</b>                  | 3 m                                   |
| <b>Maximalt detektoravstånd</b> | 10 m                                  |

Tabell F.14. Utdata garderoben, detektoraktivering.

| Utdata Garderoben       |                    |
|-------------------------|--------------------|
| <b>Aktiveringstid</b>   | 1,42 min (=85,2 s) |
| <b>Effektutveckling</b> | 341 kW             |

Tabell F.15. Indata frigolitfiguren, detektoraktivering.

| Indata Frigolitfiguren   |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Omgivningstemperatur     | 20 °C                                 |
| RTI                      | 0,5 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| Aktiveringstemperatur    | 25 °C (=20 °C + 5 °C)                 |
| Tillväxthastighet        | 47,84 W/s <sup>2</sup>                |
| Takhöjd                  | 3 m                                   |
| Maximalt detektoravstånd | 10 m                                  |

Tabell F.16. Utdata frigolitfiguren, detektoraktivering.

| Utdata Frigolitfiguren |                    |
|------------------------|--------------------|
| Aktiveringstid         | 1,41 min (=84,6 s) |
| Effektutveckling       | 344 kW             |

Tabell F.17. Indata Lilla Scenen (fast tillväxthastighet), detektoraktivering.

| Indata Lilla Scenen (Fast) |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Omgivningstemperatur       | 20 °C                                 |
| RTI                        | 0,5 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| Aktiveringstemperatur      | 25 °C (=20 °C + 5 °C)                 |
| Tillväxthastighet          | Fast (≈47 W/s <sup>2</sup> )          |
| Takhöjd                    | 11 m                                  |
| Maximalt detektoravstånd   | 10 m                                  |

Tabell F.18. Utdata Lilla Scenen (fast tillväxthastighet), detektoraktivering.

| Utdata Lilla Scenen (Fast) |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Aktiveringstid             | 2,28 min (=136,8 s) |
| Effektutveckling           | 877 kW              |

Tabell F.19. Indata Lilla Scenen (medium tillväxthastighet), detektoraktivering.

| Indata Lilla Scenen (Medium) |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Omgivningstemperatur         | 20 °C                                 |
| RTI                          | 0,5 m <sup>1/2</sup> s <sup>1/2</sup> |
| Aktiveringstemperatur        | 25 °C (=20 °C + 5 °C)                 |
| Tillväxthastighet            | Medium (≈12 W/s <sup>2</sup> )        |
| Takhöjd                      | 11 m                                  |
| Maximalt detektoravstånd     | 10 m                                  |

Tabell F.20. Utdata Lilla Scenen (medium tillväxthastighet), detektoraktivering.

| Utdata Lilla Scenen (Medium) |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Aktiveringstid               | 3,64 min (=218,4 s) |
| Effektutveckling             | 559 kW              |



## G. Bilaga G: Flamskydd och brandklassning av ytskikt och inredning

Ytskikten i lokalerna håller lägst klass B-s1, d0 (Brandskyddslaget, 2009), vilket innebär att materialet får avge en mycket begränsad mängd brandgaser och inte får avge brinnande droppar (Brandskyddshandboken, 2012).

Hängande textilier, exempelvis gardiner, ska uppfylla klass 1 i Nordtest metod SP Fire 043 (Brandskyddslaget, 2009). Testet görs genom att gardinen hängs mot en vägg så att det finns en ungefär 0,1 meter bred luftspalt mellan väggen och gardinen. En gasbrännare med effekten 100 kW placeras sen under gardinen och genererar en 1-1,5 meter hög flamma som ska vara mindre än halva gardinens höjd. Brännaren är på under hela testet som pågår i fem minuter (Nordtest, 2012).

Försöket utförs under en huv där brandgaserna samlas upp och även data för beräkning av effektutveckling samlas in. Resultatet analyseras sen för att bestämma vilken klass det testade materialet uppfyller. Kraven för klass 1 redovisas i Tabell G.1 nedan (Nilsson, 2007).

Tabell G.1. Kriterier för klass 1 Nordtest SP Fire 043.

| Maximal effektutveckling <sup>1,2</sup> | Maximal rökproduktion <sup>2</sup> | Maximal avbrunnen massa | Total flamspridning | Flammans maximala höjd från brinnande material på golvet |
|---|------------------------------------|-------------------------|---------------------|--|
| 150 kW                                  | 5 dBm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> | 50 %                    | Inte tillåten       | 0 m  |

<sup>1</sup>(inklusive brännarens effekt)

<sup>2</sup>(medelvärde för de tio sekunderna vid värdets topp)

Samtliga möbler ska uppfylla den Brittiska standarden BS 5852. V (Brandskyddslaget, 2009). Det innebär att de ska klara att utsättas för en tändkälla i form av en mindre träribbstapel utan att antända. För att testa om en möbel uppfyller standarden monteras först dess stoppning och klädsel i en provrigg och träribbstapeln antänds sen och placeras på sittdynan, intill ryggstödet. Om ingen flamma observeras tio minuter efter antändning av stapeln och ingen glödbrand fortskrider i mer än 60 minuter uppfylls kraven (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013). Tändkällan motsvarar ungefär två ark brinnande tidningspapper (Apell, 2009).

Ljudabsorberingsmaterialet i nattklubben uppfyller kraven för flamsäkerhet enligt DIN 4102 klass B1 och IMO A653 (Abinitio, 2013). För att uppfylla kraven för DIN 4102 klass B1 ska samtliga krav som ställs på klass B2 uppfyllas och dessutom ska materialet klara ”fire shaft” testet. Detta innebär att materialet till att börja med ska förhindra snabb flamspridning vilket testas genom att mäta tiden det tar för flammen att nå ett markerat avstånd från antändningspunkten. Vidare får eventuella droppar som bildas inte brinna längre än två sekunder eller antända ett papper som placeras under det brinnande materialet. I ”fire shaft” testet placeras materialet vertikalt i ett testskåp där det utsätts för en flamma från en brännare och ett konstant luftflöde underifrån. Testet pågår i 10 minuter och brandgasernas temperatur samt längden på det kvarvarande materialet mäts. För att klass B1 ska uppfyllas får brandgastemperaturen maximalt uppgå till 200°C och längden av det opåverkade materialet ska vara minst 150 millimeter (Begoodtex International, 2011).

Den andra standarden som också uppfylls är IMO A653 vilket är en standard som är framtagen för material som används på fartyg. Försöket går ut på att provkroppen placeras vertikalt i en provhållare och utsätts för värmestrålning från en panel samtidigt som en pilotlåga är närvarande 10 millimeter från materialet (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013). De olika kriterierna som måste uppfyllas presenteras i tabellen nedan.

Tabell G.2. Kriterier för IMO A653 (SINTEF, 2013).

| Strålningsnivå där flammorna slocknar | Värmemängd mot ytan för att flamspridning ska fortsätta | Total värmeutveckling | Total effektutveckling | Brinnande droppar |
|---------------------------------------|---|-----------------------|------------------------|-------------------|
| $\geq 20,0 \text{ kW/m}^2$            | $\geq 1,5 \text{ MJ/m}^2$                               | $\leq 0,7 \text{ MJ}$ | $\leq 4,0 \text{ kW}$  | Inte tillåtet     |

## H. Bilaga H: Simuleringar

Nedan redovisas information om de simuleringar som gjorts i FDS och CFAST för respektive brandscenario.

### H.1 FDS

I detta avsnitt beskrivs de kommandon som bedöms ha störst betydelse för resultatet i simuleringarna som utförs i FDS.

#### Cellstorlek/mesh

I simuleringarna används 10cm-celler i hela brandrummet och 20cm-celler i det intilliggande rummet. I områden som inte är i brandens närhet och där endast låga strömningshastigheter förekommer kan större celler användas utan att resultatet försämras nämnvärt, därför delas det intilliggande rummet in i större celler. För att förkorta simuleringstiden grupperas cellerna i så kallade mesher, där antalet celler i vardera mesh inte bör överstiga 1 000 000. Meshgränserna dras inte genom öppningar, nära branden eller andra ställen där höga hastigheter på brandgaserna kan förekomma.

Tabell H.1. Antalet mesher och antalet celler per mesh.

| Scenario       | Totalt antal celler | Totalt antal mesher | Celler per mesh |
|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| Frigolitbrand  | 2 406 880           | 6                   | 108 000-737 280 |
| Garderobsbrand | 3 266 000           | 9                   | 34 560-579 600  |

#### Öppningar

De dörrar som leder ut till huvudtrappan är i simuleringen öppna tills detektoraktivering sker. Därefter blockeras hälften av dörrarna för att efterlikna gasflödet vid utrymning. Övriga dörrar bedöms endast användas sporadiskt och de är därför stängda i simuleringen.

Huvudtrappan har i simuleringarna förenklats till att vara en direkt öppning ut till det fria, en så kallad "open vent". Öppningens area motsvarar ungefär de tre dörrar som leder ut till det fria i slutet av trappan.

#### Siktbarhet

Siktbarheten i simuleringarna beror av parametrarna *soot yield*, *mass extinction coefficient* och *visibility factor*. Sotproduktionen för garderobsbranden väljs till 0,1 g/g, enligt rekommendation från BBRAD (Boverket, 2011) och till 0,2 g/g för frigolitbranden enligt (Wade, 2008) värde för *expanded polystyrene*. Mass extinction sätts till 8700 m<sup>2</sup>/kg, vilket är ett standardvärde för trä och plast som enligt BIV (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.) inte bör ändras. *Visibility factor* beror av det objekt som betraktas genom röken och ska sättas till 8 för genomlysta skyltar och 3 för efterlyssande skyltar (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.). På Berns används både genomlysta och efterlyssande skyltar och på ett fåtal ställen saknades det skyltar, varför det mer konservativa värdet 3 används i simuleringarna.

#### Bränsle/bränsleyta

Förbränningsentalpin hämtas ur SFPE-handboken och sätts till 38,1 MJ/kg för frigolitbranden och till 17,6 MJ/kg för garderobsbranden (SFPE, 2002). Den kemiska sammansättningen anges för frigolit som CH1.1 och för jackorna som CH1.300.67 (SFPE, 2002).

I FDS sker normalt förbränningen över en fast bränsleyta medan effektutvecklingen varierar efter en given tillväxtkurva. Detta leder till att den karakteristiska effektutvecklingen ofta blir för låg i början av simuleringen och att den först efter en tid når FDS giltighetsområde. För att åtgärda detta används i

simuleringarna av brandscenarierna funktionen *spread rate*. Funktionen används för att representera en brand som sprider sig radiellt, med konstant hastighet över en bränsleyta. *Spread rate* räknas ut enligt Ekvation 22 nedan.

$$\text{Spread rate} = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi} * \frac{1}{\text{HRRPUA}}} \quad [\text{m/s}] \quad \text{Ekvation 22}$$

(BIV)

$\alpha$             tillväxthastighet [ $\text{kW}/\text{s}^2$ ]  
 HRRPUA        effektutveckling per areaenhet [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ]

*Spread rate* imiterar en alfa-t2-tillväxt relativt väl, förutsatt att cellerna i brandområdet är tillräckligt små. Funktionen underskattar dock effektutvecklingen något när effekten närmar sig sitt maxvärde. För att kompensera för detta har maxeffekten ökats med 10 % enligt rekommendationer från BIV (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.). De korrigerade värdena som används i FDS redovisas i Tabell H.2 nedan.

I Tabell H.2 redovisas de, enligt ovan korrigerade, maxeffekter, samt den *spread rate* som används i FDS.

Tabell H.2. Den korrigerade effekten och den *spread rate* som används i respektive simulering.

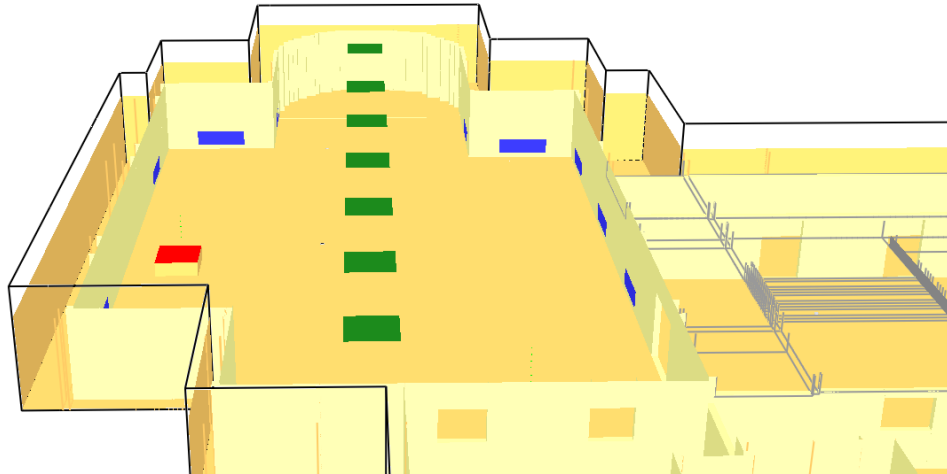
| Simulering  | $\dot{Q}$ [kW] | Spread rate [m/s] |
|---|----------------|-------------------|
| <b>Osprinklad garderobsbrand</b>  | 14300          | 0,0020            |
| <b>Sprinklad garderobsbrand</b>   | 1760           | 0,0042            |
| <b>Osprinklad frigolitfigur</b>   | 1980           | 0,0038            |
| <b>Sprinklad frigolitfigur</b>  | 3410           | 0,0020            |
| <b>Sprinklad garderobsbrand,<br/>RTI 50 m<sup>1/2</sup> s<sup>1/2</sup></b> | 1250           | 0,0052            |

För att imitera effekten som sprinkleraktivering har på en brand, används *ramp*-funktionen i FDS. Med denna funktion ges möjligheten att simulera branden med den effektutvecklingskurva som en sprinklad brand förväntas ha.

## Ventilation

En av de föreslagna åtgärderna är att installera en brandgasfläkt i det befintliga ventilationssystemet på källarplan. Uppbyggnaden av ventilationssystemet ses i Figur H.1.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



**Figur H.1.** Uppbyggnaden av ventilationssystemet i FDS.

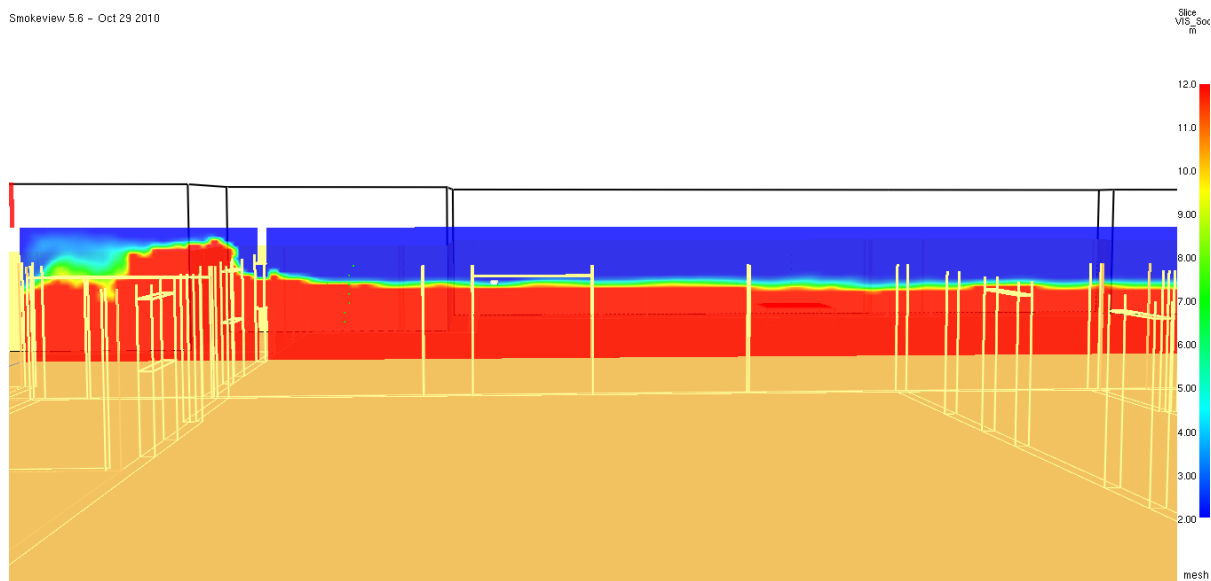
Tilluften sätts vid golvnivå och frånluften sätts i taket, mitt i garderobsavdelningen. Ventilationen startar när en detektor i lokalen aktiverar och ökar sedan under 30 sekunder upp till maxeffekt.

Tilluften sätts till 80 procent av frånluften för att förebygga ett undertryck i lokalen. En simulering görs med frånluftsflödet  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  och tilluftsflödet  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  och en görs med frånluftsflödet  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  och tilluftsflödet  $28 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## Utdata

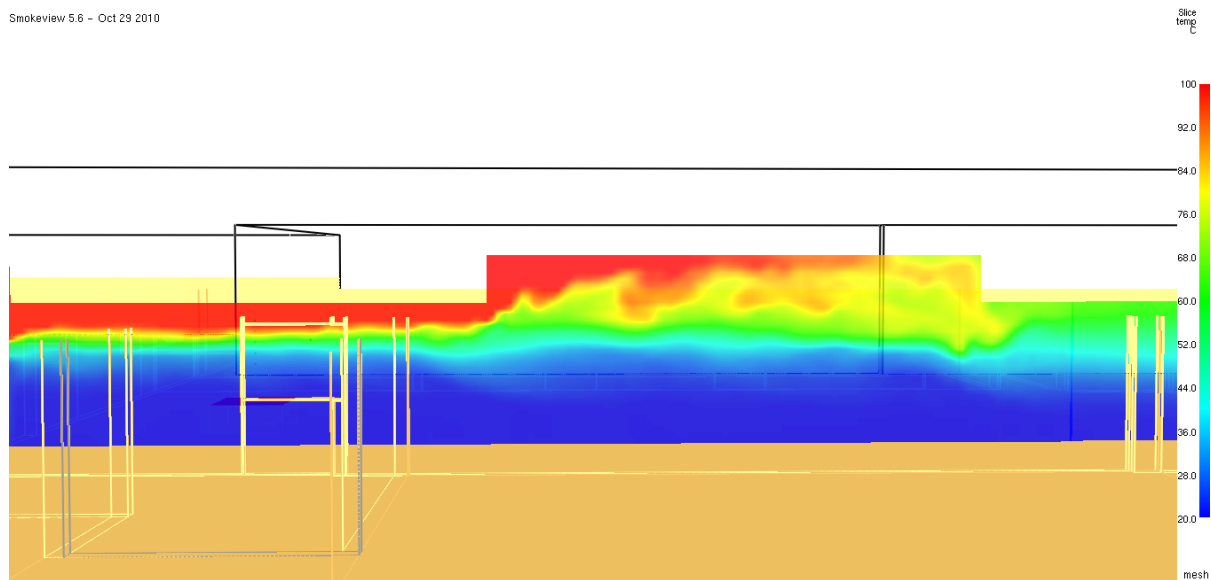
Bedömning av sikt, temperatur och hastighet görs främst visuellt med hjälp av tvådimensionella bilder, så kallade *slicefiles*, se Figur H.2 och Figur H.3. Syre- och koldioxidhalten i brandrummet mäts med *devices* som ger mätvärden för enskilda celler. Som komplement till temperatur-*slicefilen* görs även ett par punktmätningar av temperaturen.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Figur H.2. Figuren visar ett exempel på en *slicefile* över sikten i lokalen. Rakt fram syns garderobsavdelningen och till vänster, där *slicefilen* uppvisar en viss turbulens, finns utrymningsvägen till trapphuset.

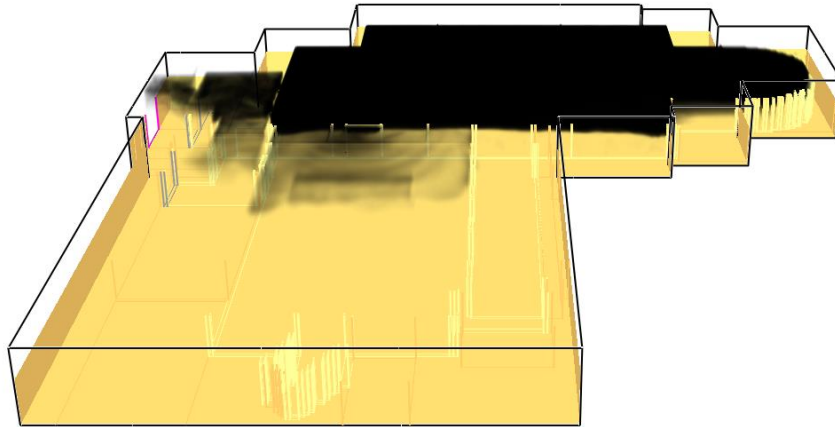
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Figur H.3. *Slicefile* som visar temperaturen i nattklubben. I mitten av bilden ses skillnaden i takhöjd i nattklubbssdelen.

Höjden på brandgaslagret bedöms visuellt, se Figur H.4 nedan.

Smokeyview 5.6 – Oct 29 2010



mesh: 1

Figur H.4. Visar ett exempel på hur det kan se ut när brandgaslagrets höjd bestäms.

Utdata hämtas främst från de områden där köbildning förväntas ske och som tidigt utsätts för kritiska förhållanden för samtliga kritiska parametrar.

I de utförda simuleringarna görs inga strålningsmätningar, eftersom strålningsberäkningarna i FDS endast fungerar tillfredställande om de utförs med ett stort antal strålar per cell. Ett stort antal strålar kräver mycket datorkapacitet och förlänger därmed simuleringstiden. Strålningsförhållandena utreds istället med hjälp av handberäkningar, se *Bilaga B: Kritisk strålningsintensitet vid utrymning*.

## Verifiering

För att undersöka hur tillförlitlig en simulering är, ska en verifiering göras. Det innebär att ett antal parametrar kontrolleras och jämförs mot FDS giltighetsområde. I detta avsnitt redogörs först för hur utförandet av verifieringen går till och därefter presenteras verifieringen i tabellform.

### Cellstorlek/gridoberoende

Cellstorleken är av stor betydelse för hur väl en simulering återspeglar en verklig brand. Mindre celler ger ett mer exakt resultat, eftersom de rörelser och objekt som understiger cellstorleken försummas i beräkningarna. En mindre cellstorlek medför dock att simuleringstiden ökar avsevärt. (Gissi, 2012)

Cellstorleken kan bestämmas med hjälp av det dimensionslösa uttrycket  $D^*/dx$ , där  $dx$  utgör cellens storlek och  $D^*$  beräknas enligt Ekvation 23 nedan.

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Ekvation 23

|                 |  |
|-----------------|--|
| $D^*$           | Brandens karakteristiska diameter                  |
| $\dot{Q}$       | Brandens effektutveckling [kW]                     |
| $\rho_{\infty}$ | Densitet för omgivande luft, 1,2 kg/m <sup>3</sup> |

$c_p$  Värmekapaciteten för omgivande luft, 1,0 kJ/kg/K

$T_\infty$  Temperatur för omgivande luft, 293 K

$g$  Tyngdaccelerationen, 9,81 m/s<sup>2</sup>

(Frantzich & Nystedt, 2011)

Kvoten bör enligt (Frantzich & Nystedt, 2011) vara i storleksordningen 10-20 nära branden. Tabell H.3 visar vilken cellstorlek som  $D^*/dx = 10, 15$  respektive 20, resulterar i.

Tabell H.3. Tabellen visar inom vilket intervall cellstorleken bör vara.

| Simulering            | Sprinklat | $D^*$ | $D^*/10$ | $D^*/15$ | $D^*/20$ |
|-----------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|
| <b>frigolitbrand</b>  | Nej       | 1,26  | 0,13     | 0,08     | 0,06     |
| <b>frigolitbrand</b>  | Ja        | 1,21  | 0,12     | 0,08     | 0,06     |
| <b>garderobsbrand</b> | Nej       | 2,79  | 0,28     | 0,28     | 0,19     |
| <b>garderobsbrand</b> | Ja        | 1,57  | 0,16     | 0,10     | 0,08     |

Cellernas storlek kan verifieras genom att undersöka om simuleringen är gridoberoende, vilket innebär att simuleringen görs med flera olika cellstorlekar. Om utdata inte ändras nämnvärt när cellstorleken ändras, har gridoberoende uppnåtts och cellerna bedöms vara tillräckligt små. Det är likväl inte nödvändigt att testa gridoberoende om  $D^*/dx$  befinner sig inom 10-20 nära branden och övriga celler inte är större än tre gånger brandgriden. På grund av den tidsbegränsning som föreligger för denna riskvärdering, kontrolleras inte gridoberoendet med flera olika cellstorlekar, utan verifiering görs genom att se till att  $D^*/dx$  befinner sig inom godtagbart intervall, se Tabell H.4.

### Effektutveckling

Effektutvecklingen är av stor betydelse för simuleringsresultaten. Det är av stor vikt att kontrollera att den simulerade effektutvecklingen inte understiger den teoretiska, eftersom detta inte skulle ge ett konservativt resultat. Arean under effektutvecklingskurvan, det vill säga totala mängden frigjord energi, bör vara i samma storleksordning för den teoretiska och den simulerade branden. Areorna erhålls genom integrering av effektutvecklingskurvorna.

### Ventilationskontroll

FDS är, på grund av dess förenklade förbränningsmodeller, inte tillförlitligt vid bränder med begränsad syretillgång. Detta innebär att användaren måste undersöka om branden blir ventilationskontrollerad, för att se till att simuleringen görs inom FDS giltighetsområde. Detta görs genom att den simulerade maxeffekten jämförs med den maxeffekt som angetts i indatafilen. Om den simulerade maxeffekten är märkbart lägre än den som angetts i indatafilen, har branden begränsad syretillgång och simuleringen bör då göras om med en lägre maxeffekt. (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.)

FDS är endast giltigt för bränder med låga strömningshastigheter, vilket innebär att brandens area och effekt måste förhålla sig på ett givet sätt för att FDS ska kunna göra en tillförlitlig simulering.

Förhållandet beskrivs av brandens karakteristiska effektutveckling,  $\dot{Q}^*$ , som ska vara i intervallet 0,3-2,5 (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.).  $\dot{Q}^*$  beräknas enligt Ekvation 24 nedan.



$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g D D^2}}$$

Ekvation 24

|                 |  |
|-----------------|--|
| $\dot{Q}^*$     | Brandens karakteristiska effektutveckling          |
| $\dot{Q}$       | Brandens effektutveckling [kW]                     |
| $\rho_{\infty}$ | Densitet för omgivande luft, 1,2 kg/m <sup>3</sup> |
| $c_p$           | Värmekapaciteten för omgivande luft, 1,0 kJ/kg/K   |
| $T_{\infty}$    | Temperatur för omgivande luft, 293 K               |
| $g$             | Tyngdaccelerationen, 9,81 m/s <sup>2</sup>         |
| $D$             | Brandens diameter [m]                              |

### Flamtemperatur

Slutligen kontrolleras att flamtemperaturen befinner sig inom intervallet 700-1200°C.

I Tabell H.4 presenteras en sammanfattning av verifieringen i tabellform.

Tabell H.4. Verifiering av simuleringarna i FDS.

|  | Effekt | Ventilations-kontroll | D*/dx | Flam-temperatur       | $\dot{Q}^*$ |
|--|--------|-----------------------|-------|-----------------------|-------------|
| <b>Osprinklad garderob</b>               | OK     | Nej                   | 28,0  | OK                    | 1,70        |
| <b>Sprinklad garderob</b>                | OK     | Nej                   | 15,7  | OK till sprinklerakt. | 0,40        |
| <b>Osprinklad frigolit</b>               | OK     | Nej                   | 12,6  | OK                    | 0,55        |
| <b>Sprinklad Frigolit</b>                | OK     | Nej                   | 12,1  | OK till sprinklerakt. | 0,49        |
| <b>RTI 50 Garderob</b>                   | OK     | Nej                   | 10,5  | OK till sprinklerakt. | 0,30        |
| <b>Brandgas-fläkt 20 m<sup>3</sup>/s</b> | OK     | Nej                   | 15,7  | OK till sprinklerakt. | 0,40        |
| <b>Brandgas-fläkt 35 m<sup>3</sup>/s</b> | OK     | Nej                   | 15,7  | OK till sprinklerakt. | 0,40        |

## H.2 CFAST

I brandscenario 8 – Lilla Scenen används datorprogrammet CFAST för att simulera de olika tänkbara effektutvecklingarna.

### Inputvärden

Nedan redovisas de inputvärden som sätts in i CFAST.

#### Omgivning

I försöken används simuleringstiden 1800 sekunder vilket bedöms fullt tillräckligt för att täcka in hela brandscenariot från början till slut. Omgivningstemperaturen både inomhus och utomhus är satta till 20°C och trycket till 101300 Pa (1 Atm). Relativfuktighet ligger på 50 %.

#### Geometri

Geometrin för Stora Salongen på Berns har i denna simulering förenklats till ett rätblock. De delar som har påverkats är scenen som är cirkulär, taket som är välvt och balkongerna. För att få lokalen som ett rätblock har volymerna för scenen och taket räknats ut längderna för rätblock med samma volym har adderats till de övriga måtten. Materialen på väggar och tak är satt till *Gypsum Board* (gipsskivor).

Tabell H.5. Mått Stora Salongen.

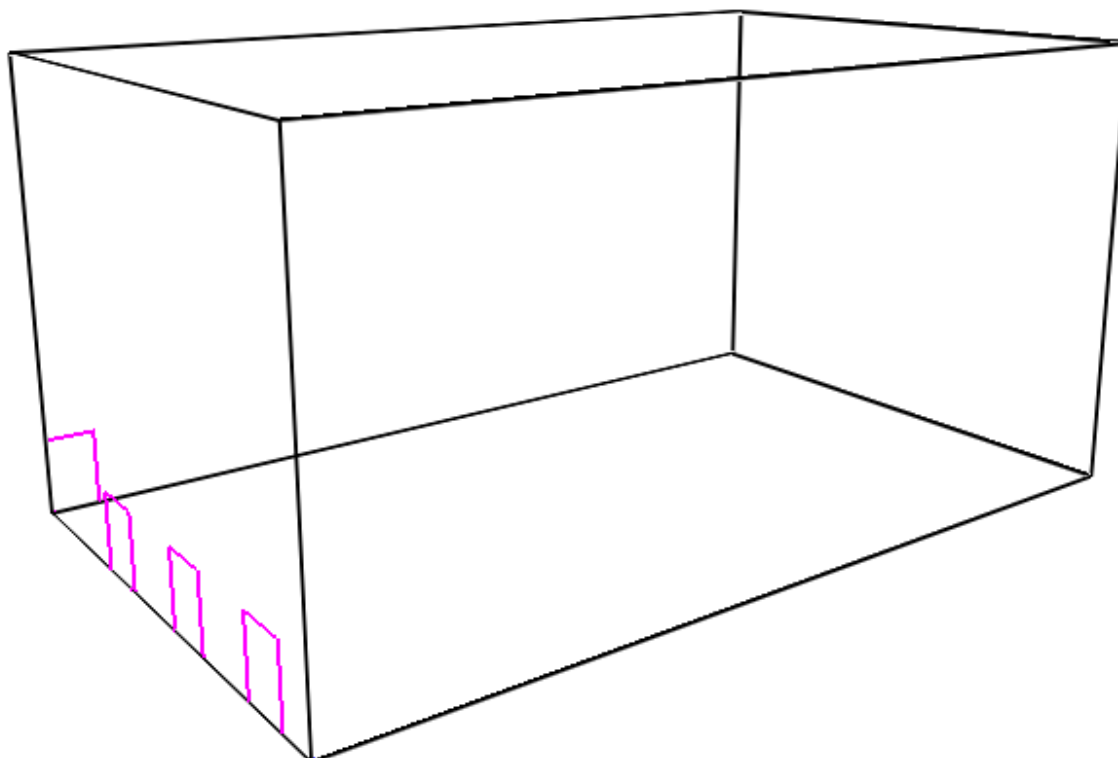
| Mått Stora Salongen |        |
|---------------------|--------|
| <b>Bredd</b>        | 15.4 m |
| <b>Längd</b>        | 25 m   |
| <b>Höjd</b>         | 12,5 m |

Tabell H.6. Mått Lilla Salongen.

| Mått Lilla Salongen |        |
|---------------------|--------|
| <b>Bredd</b>        | 23,9 m |
| <b>Längd</b>        | 11 m   |
| <b>Höjd</b>         | 9 m    |

De dörrar och öppningar som har satts ut i rummet är dörrarna ut mot huvudentrén och dörren ut mot lastkajen. Spegelväggen antas vara nere i grundscenariot eftersom detta skildrar det värsta fallet. Nödutgångarna på samma sida som scenen antas vara stängda och att folk i allmänhet väljer dörrarna mot huvudentrén när utrymning sker. Måtten på dörrarna är 1,6 meter mot huvudentrén och 1,3 meter på dörren mot lastkajen. Höjden på alla fyra dörrarna är 2.1 meter.

Ventilationen sätts in som mekanisk ventilation. Det antas att luftdonen sitter i takhöjd. Både från- och tilluft sätts till 3,79 m<sup>3</sup>/s. Arean på donen har satt till en total volym på 0,5 m<sup>2</sup> på tilluft och 0,5 m<sup>2</sup> på frånluften.



Figur H.5. Förenklad geometri för Stora Salongen i CFAST.

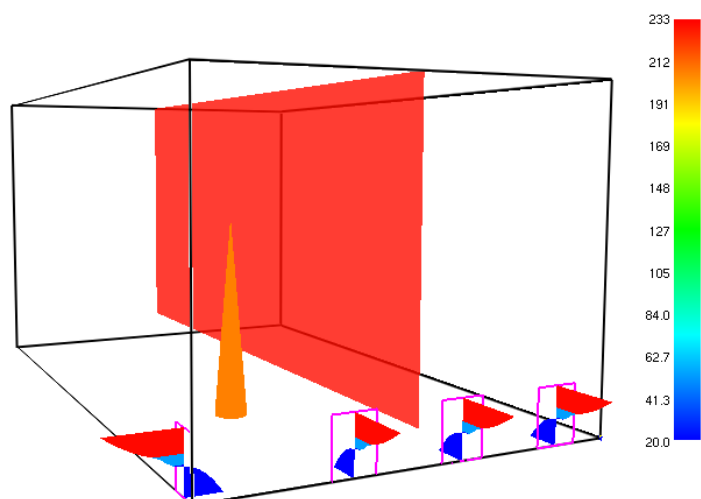
#### *Definition av Brand i CFAST*

I detta scenario används totalt 10 olika brandscenarier i simuleringarna. Materialet som brinner i alla fallen är trä. Förbränningsentalpin är satt till 19,4 MJ/kg (SFPE, 2002) som är värdet för trä och den totala massan är satt till 10 000 kg. Massan är satt högt för att branden inte bedöms vara bränslebegränsad i simuleringen.

Förhållanden mellan H och C och C/CO<sub>2</sub> påverkar sikten i brandgaslagret. Förhållandet mellan H och C är satta till 6,56/4,56 (Hultquist, 2000). Genom att räkna ut detta i förhållande till molmassan fås  $6.56 * 1,008 / 4.56 * 12.01 = 0,121$  vilket används som input värde i CFAST. Förhållandet mellan C/CO<sub>2</sub> är satt som input värde i CFAST till 0,012 (Hultquist, 2000).

Dessa värden på förhållanden baseras på en brand på 20 MJ/kg ( $20 \approx 19,4$ ) och det värdet baseras i sin tur på en brand i ett material som består av 60 % trä och 40 % polyuretan (Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, u.d.). Detta är en trolig brandkälla när en byggnad brinner.

Plymmodellen som används i simuleringarna är McCaffrey. Det andra alternativet som finns är Heskestads plymmodell. Valet är baserat på att McCafreys plymmodell är mer konservativ än Heskestad. Jämförelser som gjorts säger att både plymens temperatur och hastighet är ca 10 % högre när McCaffrey används (Karlsson & Quintiere, 2000). I övrigt används default-värden.



Figur H.6. Bild tagen ur CFAST, Smokeview.

## I. Bilaga I: Försök

I denna bilaga förklaras de försök som utfördes som underlag till denna rapport.

### I.1 Försök med frigolit

I syfte att visuellt få uppleva brand i cellplast utfördes ett försök i brandlabbet tillhörande institutionen för brandteknik vid Lunds tekniska högskola. Försöket utfördes så att en stapel av cellplast med ungefärliga måtten 15 X 15 X 15 centimeter antändes med hjälp av en tändare, se Figur I.1. Brandförloppet observerades och filmades.

De observationer som gjordes var att det bildades stora mängder svart rök med stora partiklar och brandförloppet gick fort när antändning skett, se Figur I.2. Materialet var lättantändligt och den totala förbränningstiden var sex minuter.



Figur I.1. Foto från försöket med cellplast.



Figur I.2. Bild från försöket där cellplast förbränns.

## I.2 Sprinkler försök och RTI-uträkningar

I syfte att erhålla RTI-värdena utfördes ett försök i en vindtunnel. Med hjälp av temperaturer på gaserna, vindhastigheten och tiden för sprinkleraktivering kan ett RTI-värde räknas fram.

Försöket utfördes genom att sprinklerhuvudet sänktes ner i vindtunneln med känd vindhastighet och temperatur och tidtagning skedde tills då att sprinklern utlöstes.

Tabell I.1 Indata för uträkningar av RTI

|  | Sprinkler 1 | Sprinkler 2 |
|--|-------------|-------------|
| Gastemperatur [K], $T_g$                             | 467         | 467         |
| Aktiveringstemperatur [K], $T_d$                     | 341         | 341         |
| Sprinklerhuvudets starttemperatur [K], $T_o$         | 295         | 295         |
| Gasens densitet [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], $\rho_g$ | 0,756       | 0,756       |
| Gashastighet [m/s], $v_g$                            | 2,694       | 2,736       |
| Aktiveringstid [s], $t$                              | 74          | 21,51       |

$$RTI = -\frac{t \cdot v^{\frac{1}{2}}}{\ln\left(\frac{T_g - T_d}{T_g - T_o}\right)}$$

Ekvation 25

$$RTI (\text{sprinkler 1}) = -\frac{t \cdot v^{\frac{1}{2}}}{\ln\left(\frac{T_g - T_d}{T_g - T_o}\right)} = -\frac{74 \cdot \sqrt{2,694}}{\ln\left(\frac{467 - 341}{467 - 295}\right)} = 390,3$$

$$RTI (\text{sprinkler 2}) = -\frac{t \cdot v^{\frac{1}{2}}}{\ln\left(\frac{T_g - T_d}{T_g - T_o}\right)} = -\frac{21,51 \cdot \sqrt{2,736}}{\ln\left(\frac{467 - 341}{467 - 295}\right)} = 114,3$$

J. Bilaga J: Bilder

**Ventaggregat förteckning BERNS**

| Aggregatbeteckning | Placering                                    | Styrning                            | Byggnad                         | Plan |
|--------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|------|
| TA 1 / FA 1        | TA 1 i fläktrum UC källare                   | AS 1 UC källare                     | Liten salong - Källa restaurang |      |
| TA 2 / FA 2        | TA 2 i fläktrum vån 4                        | AS 2 i fläktrum vån 4               | Vardags - Spegelbadet           |      |
| TA 3 / FA 3        | TA 3 i fläktrum UC källare                   | AS 3 UC källare                     | Ständbegravning                 |      |
| TA 4 / FA 4        | TA 4 i fläktrum UC källare                   | AS 4 UC källare                     | Hörsalen                        |      |
| TA 5 / FA 5        | TA 5 i fläktrum vid Arkaden                  | AS 5 i fläktrum vid Arkaden         | Stora källare                   |      |
| TA 6 / FA 6        | TA 6 / FA 6 i trapphus bakom tekn. hb        | AS 6 i fläktrum vid Arkaden         | Kammarvåben överst 1            |      |
| TA 7 / FA 7        | TA 7 / FA 7 vid c-logen personal             | AS 7 vid c-logen personal           | Personalarbetsrum 2-4           |      |
| TA 8 / FA 8        | TA 8 / FA 8 vid c-logen personal             | AS 8 vid c-logen personal           | Källare, Trängst, Kassa         |      |
| TA 9 / FA 9        | TA 9 / FA 9 i fläktrum vån 4                 | AS 9 i fläktrum vån 4               | Stålkassans entré               |      |
| TA 10 / FA 10      | TA 10 / FA 10 i fläktrum vid tekn. rum vån 4 | AS 10 vid rum 418                   | Kontrollsalen                   |      |
| TA 11 / FA 11      | TA 11 / FA 11 i fläktrum vån 4               | AS 11 i fläktrum vån 4              | A-lösens styresrum 3-4          |      |
| TA 12              | TA 12 i fläktrum vid tekn. rum vån 4         | AS 12 vid rum 418                   | Handrum - Logg plan 0-1         |      |
| TA 13 / FA 13      | TA 13 / FA 13 vid badrummet                  | AS 13 vid badrummet                 | A-lösens styresrum 0-1          |      |
| TA 14 / FA 14      | TA 14 i utom. smörta. i smörta. kök          | AS 14 i utom. smörta. i smörta. kök | Smörta. kök                     |      |
| TA 15 / FA 15      | TA 15 i utom. smörta. i smörta. kök          | AS 15 i utom. smörta. i smörta. kök | Smörta. kök                     |      |

Figur J.1 Förteckning av de ventilationsaggregat som försörjer de olika delarna av byggnaden.



Figur J.2 Utrymningsplan och placering av handbrandsläckare för källarplan.



## K. Bilaga K: Utrymningsteori

I detta avsnitt behandlas den teori och bakgrund som ligger till grund för beräkningar och indata för simuleringar gällande utrymning.

### Säkerhetsmarginal

Om en brand utbryter i en lokal bör tiden det tar att utrymma lokalen understiga den tid det tar att uppnå kritiska förhållanden. Förhållandet mellan dessa tider kallas säkerhetsmarginal och den beräknas enligt Ekvation 26. Då  $S$  är större än noll kan utrymning ske på ett tillfredställande sätt utan fara för personerna i lokalen. Marginalen ska vara positiv för alla scenarier. (Frantzich, 2000)

$$S = t_{kritisk} - t_{utrymning} \quad \text{Ekvation 26}$$

### Kritiska förhållanden

För att veta vilka förhållanden i en lokal som anses kritiska följs Boverkets rekommendationer som ses i Tabell K.1 nedan. Tiderna till dess att kritiska förhållanden nås tas fram genom simuleringar i FDS och CFAST.

I Tabell K.1 redovisas de kriterier som måste uppfyllas för att inte uppnå kritiska förhållanden vid utrymning. För att utrymningssäkerheten ska vara godtagbar bör kriterium 1 eller 2 samt kriterium 3-5 vara uppfyllda. Detta betyder att utrymning kan ske genom ett brandgaslager så länge som sikten är god och de övriga kriterierna är godtagbara.

Tabell K.1 Nivå för kritisk påverkan vid analys av utrymningssäkerhet. (Boverket, 2011)

| Kriterium                         | Nivå   |
|-----------------------------------|--|
| 6. Brandgaslagrets nivå ovan golv | Lägst 1,6 + (rumshöjden [m] X 0,1)   |
| 7. Siktbarhet, 2,0 m ovan golv    | 10,0 m i utrymmen >100 m <sup>2</sup>  |
|                                   | 5,0 m i utrymmen <100 m <sup>2</sup> . Kriteriet kan även tillämpas för situationer där köbildning inträffar i ett tidigt skede vid den plats där köen uppstår                             |
| 8. Värmestrålning/Värmedos        | Max 2,5 kW/m <sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m <sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m <sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m <sup>2</sup> |
| 9. Temperatur                     | Max 80°C   |
| 10. Toxicitet, 2,0 m ovan golv    | Kolmonoxidkoncentration (CO) <2000 ppm<br>Koldioxidkoncentrationen (CO <sub>2</sub> ) <5 %<br>Syrgekonsentrationen (O <sub>2</sub> ) >15 %   |

### Tid för utrymning

Den tid det tar för att utrymma en lokal uppdelas i tre faser, varseblivnings- förberedelse och förflyttningstid. Varseblivningstid är den tid det tar för en person att upptäcka att det brinner eller tiden till det att larmet ljuder. Förberedelsetiden är tiden från varseblivning till dess att utrymning påbörjas, till exempel den tid det tar för en person att få på sig kläder och att börja gå.

Förflyttningstiden är den tid det tar för en person att komma till en säker plats. Den totala utrymningstiden är summan av dessa tre tider, se Ekvation 27 (Frantzich, 2000).

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelsetid} + t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 27}$$

### Varseblivningstid

Tiden det tar för att inse att utrymning bör påbörjas beror av flertalet faktorer till exempel huruvida personen ser branden eller om det finns ett installerat utrymningslarm (Frantzich, 2000).

Varseblivningstiden är den tid det tar för en person att få reda på att en brand har utbrutit, vilket kan ske med direkt visuell uppfattning eller genom utrymningslarm kopplat till detektionssystemet. Varje brandscenario har en specifik varseblivningstid och detta kommer att diskuteras mer ingående under avsnitten för respektive brandscenario. Enligt BBRAD bör varseblivningstiden inte vara kortare än 30 sekunder för en person som ser branden (Boverket, 2011). Som maximal varseblivningstid används tid till detektion.

### Förberedelsetid

Förberedelsetiden, som ofta benämns besluts- och reaktionstid, avser tiden det tar för personer att till exempel lyssna på larmet, hjälpa andra eller försöka att släcka branden innan utrymning påbörjas (Frantzich, 2000).

Förberedelsetiden beror på hur lokalerna är utformade och hur tydligt larmet är. För att få en så kort förberedelsetid som möjligt kan tydliga talande larm som förklarar hur utrymningen bör ske användas. Utbildad personal som kan hjälpa till och många tydliga utrymningsskyltar förkortat också förberedelsetiden. Flera fullskaliga försök som gjordes av Nasr och Wall visar att förberedelsetiden för besökare på nattklubb ligger mellan 20 och 90 sekunder (Nasr & Wall, 2012). Enligt BBRAD bör förberedelsetiden för en besökare i nattklubbsmiljö antas till 3-5 minuter (Boverket, 2011).

### Förflyttningstid

Förflyttningstiden är den tid som det tar för en person att förflytta sig från sin position till en annan brandcell eller ut till det fria. Denna tid påverkas av hur folktätt det är i lokalen, gångavstånd, ljusförhållanden och om de som utrymmer måste gå i trappor (Frantzich, 2000).

### Fördelningar

De fördelningar som används i denna rapport för att beskriva tid till kritiska förhållanden, varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid, är *uniform-* och *triangelfördelning*. Dessa val av fördelningar grundar sig i Rick Hesses artikel (Hesse, 2000) där det står beskrivet att i de fall där det råder osäkerhet kring hur sannolika de olika mätvärdena är bör uniform fördelning väljas. I de fall det går att säga att ett visst värde är mer sannolikt än ett annat kan triangelfördelning istället användas.

### Människors beteende vid brand

Människors beteende vid brand kan ses som tre olika steg (Canter, 1985).

- Personen får en första antydning och antingen undersöks eller misstolkas dessa signaler
- När personen har uppfattat signalen kommer denna antingen att samla mer information, varna/kontakta andra eller lämna lokalen
- Efter detta kommer personen att hantera branden, integrera med andra människor eller utrymma

Det har visat sig att hierarkin har en viktig roll vid utrymning. När personer får indikationer om att brand har utbrutit så vänder de sig till de som står högre upp i hierarkin (Canter, 1985). Exempelvis vänder sig kunderna i en butik till personalen, restauranggästerna väntar på att servitörerna skall agera och studenterna i en föreläsningssal väntar sig att föreläsaren skall agera och ge dem instruktioner.

Synliga, attraktiva utrymningsvägar är av stor betydelse för att underlätta utrymningsförloppet. Detta innebär att det bör finnas vägledande markeringar, gärna upplysta, som minskar risken för mindre

lämpliga val av utrymningsvägar. Om utrymningsvägarna är utformade så att de lätt känns igen som en säker väg ut från byggnaden kommer utrymningen också att underlättas (Frantzich, 2000). Utrymningsvägarnas utformning bör sträva efter att göra människor uppmärksamma på dess placering och funktion. Observeras bör också att det är mycket vanligt att människor väljer att utrymma samma väg som de kom in i byggnaden (Frantzich, 2000).



## L. Bilaga L: Indata FDS

Nedan redovisas de indatafiler som använts vid simulering i FDS. Först visas hela indatafilen till frigolitbranden, utan inverkan av sprinkler. Därefter redovisas endast de förändringar som gjorts för de olika simuleringarna för frigolitbranden. Detta följs av hela indatafilen till garderobsbranden, utan inverkan av sprinkler. Därefter visas endast de förändringar som görs i indatafilen för varje simulering.

### Simulering 1: Osprinklad frigolitbrand

```
&HEAD CHID='frigolitfigur_osprinklad_2'/
&TIME T_END=732.0, SYNCHRONIZE=.TRUE./
&DUMP RENDER_FILE='frigolitfigur_osprinklad_2.ge1', DT_RESTART=300.0/
```

```
&MESH ID='MESH-a-a-a', IJK=192,90,40, XB=30.0,49.2,4.1,13.1,0.0,4.0, MPI_PROCESS=0/
&MESH ID='MESH02', IJK=100,96,20, XB=12.0,32.0,28.7,47.9,0.0,4.0, MPI_PROCESS=0/
&MESH ID='MESH-a-a-b', IJK=192,96,40, XB=30.0,49.2,13.1,22.7,0.0,4.0, MPI_PROCESS=1/
&MESH ID='MESH-a-b', IJK=192,60,40, XB=30.0,49.2,22.7,28.7,0.0,4.0, MPI_PROCESS=2/
&MESH ID='MESH-b', IJK=60,90,20, XB=49.2,61.2,10.3,28.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=2/
&MESH ID='MESH', IJK=85,128,20, XB=13.0,30.0,3.1,28.7,0.0,4.0, MPI_PROCESS=2/
```

```
&REAC ID='Frigolit',
  C=1.0,
  H=1.1,
  O=0.0,
  N=0.0,
  HEAT_OF_COMBUSTION=3.81E4,
  IDEAL=.TRUE., SOOT_YIELD=0.2/
```

```
&PROP ID='Cleary Photoelectric P1',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ALPHA_E=1.8,
  BETA_E=-1.0,
  ALPHA_C=1.0,
  BETA_C=-0.8/
```

```
&DEVC ID='Device', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.4,1.0/
&DEVC ID='Device02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.4,1.2/
&DEVC ID='Device03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.5,1.4/
&DEVC ID='Device04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.5,1.6/
&DEVC ID='Device05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.5,1.8/
&DEVC ID='Device06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.5,2.0/
&DEVC ID='Device07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.6,2.2/
&DEVC ID='Device08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.6,2.4/
&DEVC ID='Device09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.6,2.6/
&DEVC ID='Device10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.6,13.6,2.8/
&DEVC ID='Device11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.875,17.05,1.0/
&DEVC ID='Device12', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.875,17.05,1.2/
&DEVC ID='Device13', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.875,17.05,1.4/
&DEVC ID='Device14', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.875,17.05,1.6/
&DEVC ID='Device15', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.875,17.05,1.8/
&DEVC ID='Device16', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=34.875,17.05,2.0/
&DEVC ID='Device20', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=27.1965,17.4,2.9/
&DEVC ID='Device23', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=38.1,21.6,2.35/
&DEVC ID='Device17', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=38.3,12.4,2.35/
&DEVC ID='Device18', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='carbon dioxide', XYZ=36.6,12.7,1.9/
&DEVC ID='Device19', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='oxygen', XYZ=36.6,12.7,1.9/
```

```
&CTRL ID='CTRL', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.FALSE., INITIAL_STATE=.TRUE., INPUT_ID='latch'/
&CTRL ID='latch', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT_ID='or'/
&CTRL ID='or', FUNCTION_TYPE='ANY', LATCH=.FALSE., INPUT_ID='Device17','Device20','Device23'/
```

```

&MATL ID='GYPSUM',
  FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
  SPECIFIC_HEAT=1.09,
  CONDUCTIVITY=0.17,
  DENSITY=930.0/
&MATL ID='INSULATION',
  FYI='Isolatek BLAZE-SHIELD DC/F - WTC FDS5 Validation',
  SPECIFIC_HEAT_RAMP='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP',
  CONDUCTIVITY_RAMP='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP',
  DENSITY=208.0/
&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP', T=20.0, F=0.05/
&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP', T=377.0, F=0.1/
&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP', T=677.0, F=0.2/
&RAMP ID='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=20.0, F=0.8/
&RAMP ID='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=677.0, F=2.0/
&MATL ID='CONCRETE',
  FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
  SPECIFIC_HEAT=1.04,
  CONDUCTIVITY=1.8,
  DENSITY=2280.0/

&SURF ID='InnervÄgg',
  RGB=255,255,153,
  MATL_ID(1,1)='GYPSUM',
  MATL_ID(2,1)='INSULATION',
  MATL_ID(3,1)='GYPSUM',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  MATL_MASS_FRACTION(2,1)=1.0,
  MATL_MASS_FRACTION(3,1)=1.0,
  THICKNESS(1:3)=0.01,0.28,0.01/
&SURF ID='Yttervägg',
  COLOR='GRAY 60',
  MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
  THICKNESS(1)=0.2/
&SURF ID='Frigolitbrand',
  FYI='Frigolit utan sprinkler',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=1015.0/

&OBST XB=31.0,31.2,11.5,36.8,0.0,3.0, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=26.6,31.2,36.8,37.0,0.0,3.0, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=54.6,54.8,18.4,23.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=54.8,57.4,18.4,18.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=54.6,56.4,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=52.4,54.8,23.4,23.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=56.4,56.6,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=56.6,56.8,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=56.8,57.0,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.0,57.2,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.2,57.4,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.2,57.4,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.4,57.6,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.6,57.8,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.6,57.8,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.8,58.0,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.0,58.2,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.2,58.4,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.2,58.4,15.2,15.4,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.4,58.6,15.2,15.4,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.4,58.6,15.0,15.2,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.6,58.8,15.0,15.2,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.8,59.0,14.8,15.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=58.6,58.8,14.8,15.0,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.4,57.6,18.4,18.6,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction
&OBST XB=57.4,57.6,18.2,18.4,0.0,2.4, SURF_ID='InnervÄgg' Obstruction

```



&OBST XB=24.4,24.6,46.4,46.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=24.2,24.4,46.4,46.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=24.2,24.4,46.6,46.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=24.0,24.2,46.6,46.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.0,25.2,46.2,46.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=24.8,25.0,46.2,46.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=24.6,24.8,46.2,46.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=24.6,24.8,46.4,46.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.2,25.4,45.4,45.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.4,25.6,45.4,45.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.6,25.8,45.4,45.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.8,26.0,45.4,45.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.0,25.2,46.0,46.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.2,25.4,46.0,46.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.2,25.4,45.8,46.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.2,25.4,45.6,45.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.0,26.2,45.0,45.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.8,45.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.6,44.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.8,26.0,45.2,45.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.8,26.0,45.0,45.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.8,26.0,44.8,45.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.0,26.2,44.8,45.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,44.0,44.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.0,44.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,43.6,43.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,43.8,44.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.2,44.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.4,44.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.6,42.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.8,43.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.4,43.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.6,43.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.2,43.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.4,25.6,45.6,45.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,44.2,44.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.0,43.2,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.6,23.8,46.8,47.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=21.4,21.6,46.8,47.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=22.2,22.4,46.8,47.0,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.4,20.6,46.6,46.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.4,42.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=35.1,38.2,6.0,6.2,0.0,3.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0003,29.5,5.9,6.1,0.0,3.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.0,35.1,8.3,8.5,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=34.9,35.1,6.0,8.3,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,23.2,6.1,11.3,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.1,51.0,27.8,28.0,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=52.4,54.8,23.4701,23.6,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=38.2,49.3,3.4,11.4,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.2,32.8,3.1,8.2,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=32.8,34.9,3.4,8.3,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=34.9,38.2,3.4,6.0,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,23.0,3.1,11.3,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=29.5,31.2,3.1,7.6,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.2,51.2,28.0,28.9,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=37.3,49.3,28.9,29.2,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,26.4,3.1,5.9,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.3,18.9,19.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.4,12.7,18.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.4,11.4,12.7,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,26.8,37.1,38.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,31.2,28.9,37.1,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,26.8,38.3,43.7,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.2,26.6,43.9,44.1,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.2,26.8,43.7,43.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.4,26.4,44.3,44.5,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÅsgg'/ Obstruction



&OBST XB=18.4,26.6,44.1,44.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.6,26.2,44.7,44.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.6,26.4,44.5,44.7,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.8,26.0,45.1,45.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.8,26.2,44.9,45.1,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.0,25.8,45.3,45.5,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.2,25.8,45.5,45.7,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.4,25.6,45.7,45.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.6,25.4,45.9,46.1,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.8,25.2,46.1,46.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.2,24.8,46.3,46.5,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.4,24.4,46.5,46.7,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,24.0,46.7,46.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=21.2,31.3,19.9,28.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,21.2,19.9,28.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,20.8,15.9,19.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,20.8,11.3,15.9,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.0,11.3,11.5,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=34.2,35.55,16.3,17.8,0.0,0.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=29.3,29.5,6.1,7.6,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=29.3,31.2,7.6,7.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.0,31.2,7.8,8.3,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=49.3,51.1,24.0,24.2,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=50.9,51.1,24.2,27.8,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=50.9,52.5,27.8,28.0,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=52.3,52.5,23.6,27.8,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=37.3,49.3,24.1,24.3,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.1,37.3,24.1,24.3,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.9,59.1,15.0,15.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.1,59.3,15.2,15.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.3,59.5,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.5,59.7,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.7,59.9,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.9,60.1,16.0,16.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=60.1,60.1,16.2,16.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.0,11.3,11.5,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,13.6,28.9,38.1,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,18.2,38.1,38.3,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,38.3,42.1,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,26.8,42.1,42.3,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,36.9,42.1,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,13.6,16.1,19.9,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,18.2,15.9,16.1,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,11.5,15.9,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,20.8,11.3,11.5,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=54.4,54.6,11.5,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg'/ Obstruction  
 &OBST XB=39.0,48.2,14.0,21.0,3.2,3.4, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Ljudisolering tak  
 &OBST XB=38.0,38.2,6.2,11.5,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg'/ VÄgg, kÄllarplan, mellan toalett och trappa 2  
 &OBST XB=32.8,37.3,12.4,19.9,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=31.3,32.8,14.7,19.9,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=31.4,32.8,12.7,14.7,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=37.3,49.3,12.4,22.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,52.5,23.6,28.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,54.6,11.3,15.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,54.8,18.6,23.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,55.3,15.6,15.8,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,57.7,18.4,18.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,57.9,18.2,18.4,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,58.3,18.0,18.2,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,58.5,17.8,18.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,58.7,17.6,17.8,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,58.9,17.4,17.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,59.3,17.2,17.4,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,59.5,17.0,17.2,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,59.7,16.8,17.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,59.9,15.8,16.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg'/ Tak nattklubb

&OBST XB=49.3,60.1,16.0,16.2,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,60.1,16.6,16.8,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=49.3,60.3,16.2,16.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=56.9,59.7,15.6,15.8,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=57.5,59.5,15.4,15.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=57.9,59.3,15.2,15.4,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=58.3,59.1,15.0,15.2,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=58.7,58.9,14.8,15.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=22.9,32.8,11.0,11.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=23.0,29.5,5.9,7.6,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=23.0,31.2,7.6,8.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=23.0,32.8,8.3,11.0,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=23.0,32.8,11.3,11.4,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=31.4,32.8,11.4,12.7,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=37.3,49.3,22.0,27.9,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=41.9,49.3,27.9,28.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=31.1,37.3,25.3,27.9,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=31.2,37.3,20.0,25.3,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=31.3,37.3,19.9,20.0,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=32.8,37.1,11.4,11.5,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=32.8,38.2,8.3,11.4,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=32.8,49.2,11.4,11.6,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=32.8,49.3,11.6,12.4,2.4,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=34.9,38.2,6.0,8.3,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=37.1,38.2,11.4,11.5,3.0,4.0, SURF\_ID='YttervÄgg' Tak nattklubb  
 &OBST XB=39.0,39.2,14.2,20.8,2.6,3.2, SURF\_ID='YttervÄgg' Ljudisolering  
 &OBST XB=39.0,48.2,14.0,14.2,2.6,3.2, SURF\_ID='YttervÄgg' Ljudisolering  
 &OBST XB=39.0,48.2,20.8,21.0,2.6,3.2, SURF\_ID='YttervÄgg' Ljudisolering  
 &OBST XB=48.0,48.2,14.2,20.8,2.6,3.2, SURF\_ID='YttervÄgg' Ljudisolering  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.1,42.8,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,42.1,43.4,0.0,3.0, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction  
 &OBST XB=49.2,54.6,11.3,11.5,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction  
 &OBST XB=31.2,37.1,11.6,11.7,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction  
 &OBST XB=31.2,48.8,11.5,11.6,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction  
 &OBST XB=37.1,49.2,11.4,11.5,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction  
 &OBST XB=48.8,49.2,11.3,11.4,0.0,2.4, SURF\_ID='InnervÄgg' Obstruction

&HOLE XB=23.9,25.2,11.2,11.7,1.2,2.2/ DÄrr mot huvudtrappa 2  
 &HOLE XB=27.9,29.1,11.2,11.7,1.2,2.2/ DÄrr mot huvudtrappa 3  
 &HOLE XB=18.2,26.6,42.0,42.6,0.0,3.0/ Hole  
 &HOLE XB=30.9,31.3,16.1625,18.3875,0.0,2.2/ Hole  
 &HOLE XB=23.9,25.2,11.2,11.7,0.0,1.2, CTRL\_ID='CTRL' DÄrr mot huvudtrappa 2[1]  
 &HOLE XB=27.9,29.1,11.2,11.7,0.0,1.2, CTRL\_ID='CTRL' DÄrr mot huvudtrappa 3[1]  
 &HOLE XB=35.9,37.1,24.0,24.4,0.0,2.2/ DÄrr, bar, kÄllarplan 1  
 &HOLE XB=40.2,41.4,24.0,24.4,0.0,2.2/ DÄrr, bar, kÄllarplan 2  
 &HOLE XB=44.2,45.4,24.0,24.4,0.0,2.2/ DÄrr, bar, kÄllarplan 3  
 &HOLE XB=39.2,47.6,14.4,20.8,2.39,3.2/ Ljudisloering hÄll  
 &HOLE XB=35.8,37.3,11.3,11.8,1.1,2.2/ DÄrr mot huvudtrappa 1  
 &HOLE XB=26.4348,29.2995,5.85,6.15,0.0,3.0/ Trapphus-Äppning  
 &HOLE XB=35.8,37.3,11.3,11.8,0.0,1.1, CTRL\_ID='CTRL' DÄrr mot huvudtrappa 1[1]

&VENT SURF\_ID='OPEN', XB=26.4,29.5,3.1,3.1,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE./ Vent  
 &VENT SURF\_ID='Frigolitbrand', XB=34.2,35.6,16.3,17.8,0.5,0.5, IOR=3, XYZ=34.85,17.05,0.5,  
 SPREAD\_RATE=0.003838/ Frigolitbrand

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=17.4/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=51.9/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=34.8/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=24.8/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=24.8/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=51.9/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=34.8/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=17.4/  
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.9/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.9/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=21.4/  
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=17.8/

```

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=27.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=31.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=20.4/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=24.2/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=11.6/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=14.8/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=37.0082/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=37.1/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=17.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=21.4/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=27.6/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=24.2/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=20.4/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=14.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=11.5/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=31.2/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', PBX=13.6/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', PBX=-8.71471/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', PBX=30.6/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=28.4529/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=17.3/

```

```
&TAIL /
```

## Simulering 2: Sprinklad frigolitbrand

I denna simulering används koden för den osprinklade frigolitbranden med en lägre maxeffekt tillsammans med rampfunktionen, se nedan, för att efterlikna sprinklerns effekt på branden. Spread\_rate har anpassats efter effektutvecklingen per areaenhet.

```

&SURF ID='Frigolitbrand',
  FYI='Frigolit med sprinkler',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=903.0,
  RAMP_Q='Burner_RAMP_Q'/

```

```

&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=173.0, F=1.0/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=174.0, F=0.3/
&RAMP ID='Burner_RAMP_Q', T=175.0, F=0.3/

```

```

&VENT SURF_ID='Frigolitbrand', XB=34.2,35.6,16.3,17.8,0.5,0.5, IOR=3, XYZ=34.85,17.05,0.5,
SPREAD_RATE=0.004071/ Frigolitbrand

```

## Simulering 3: Osprinklad garderobsbrand

```

&HEAD CHID='2_garderobsbrand_osprinklad'/
&TIME T_END=300.0/
&DUMP RENDER_FILE='2_garderobsbrand_osprinklad.ge1', DT_RESTART=300.0/

```

```

&MESH ID='MESH-a-a', IJK=115,60,40, XB=22.5,34.0,3.3,9.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=0/
&MESH ID='MESH-a-b', IJK=164,60,40, XB=17.6,34.0,9.3,15.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=0/
&MESH ID='MESH-b', IJK=220,60,40, XB=12.0,34.0,15.3,21.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=1/
&MESH ID='MESH-c-a', IJK=161,90,40, XB=12.0,28.1,21.3,30.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=2/
&MESH ID='MESH-c-b', IJK=59,90,40, XB=28.1,34.0,21.3,30.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=3/
&MESH ID='MESH-e-a', IJK=191,50,40, XB=13.1,32.2,36.3,41.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=3/
&MESH ID='MESH-e-b', IJK=54,32,20, XB=17.0,27.8,41.3,47.7,0.0,4.0, MPI_PROCESS=3/

```

```
&MESH ID='MESH-d', IJK=220,60,40, XB=12.0,34.0,30.3,36.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=4/
&MESH ID='MESH', IJK=133,125,20, XB=34.0,60.6,4.3,29.3,0.0,4.0, MPI_PROCESS=5/
```

```
&REAC ID='Kläder',
  C=1.0,
  H=1.3,
  O=0.67,
  N=0.0,
  HEAT_OF_COMBUSTION=1.76E4,
  IDEAL=.TRUE., SOOT_YIELD=0.1/
```

```
&PROP ID='Cleary Photoelectric P1',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ALPHA_E=1.8,
  BETA_E=-1.0,
  ALPHA_C=1.0,
  BETA_C=-0.8/
```

```
&DEVC ID='Device', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.4,1.0/
&DEVC ID='Device02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.4,1.2/
&DEVC ID='Device03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.5,1.4/
&DEVC ID='Device04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.5,1.6/
&DEVC ID='Device05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.5,1.8/
&DEVC ID='Device06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.5,2.0/
&DEVC ID='Device07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.6,2.2/
&DEVC ID='Device08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.6,2.4/
&DEVC ID='Device09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.6,2.6/
&DEVC ID='Device10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=26.5,13.6,2.8/
&DEVC ID='Device11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.6,25.4,1.0/
&DEVC ID='Device12', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.6,25.4,1.2/
&DEVC ID='Device13', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.6,25.4,1.4/
&DEVC ID='Device14', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.6,25.4,1.6/
&DEVC ID='Device15', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.6,25.4,1.8/
&DEVC ID='Device16', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.6,25.4,2.0/
&DEVC ID='Device20', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=35.4,16.6,2.3/
&DEVC ID='Device23', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=20.7,29.7,2.95/
&DEVC ID='Device17', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=20.7,20.6,2.95/
&DEVC ID='Device18', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='carbon dioxide', XYZ=27.9,13.2,1.9/
&DEVC ID='Device22', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='oxygen', XYZ=27.9,13.2,1.9/
```

```
&CTRL ID='Stäng', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.FALSE., INITIAL_STATE=.TRUE., INPUT_ID='latch'/
&CTRL ID='latch', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT_ID='or'/
&CTRL ID='or', FUNCTION_TYPE='ANY', LATCH=.FALSE., INPUT_ID='Device17','Device20','Device23'/
```

```
&MATL ID='GYPSUM',
  FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
  SPECIFIC_HEAT=1.09,
  CONDUCTIVITY=0.17,
  DENSITY=930.0/
```

```
&MATL ID='INSULATION',
  FYI='Isolatek BLAZE-SHIELD DC/F - WTC FDS5 Validation',
  SPECIFIC_HEAT_RAMP='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP',
  CONDUCTIVITY_RAMP='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP',
  DENSITY=208.0/
```

```
&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP', T=20.0, F=0.05/
&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP', T=377.0, F=0.1/
&RAMP ID='INSULATION_CONDUCTIVITY_RAMP', T=677.0, F=0.2/
&RAMP ID='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=20.0, F=0.8/
&RAMP ID='INSULATION_SPECIFIC_HEAT_RAMP', T=677.0, F=2.0/
```

```
&MATL ID='CONCRETE',
  FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
  SPECIFIC_HEAT=1.04,
  CONDUCTIVITY=1.8,
  DENSITY=2280.0/
```

```
&SURF ID='Innervägg',
  RGB=255,255,153,
```

MATL\_ID(1,1)='GYPSUM',  
 MATL\_ID(2,1)='INSULATION',  
 MATL\_ID(3,1)='GYPSUM',  
 MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,  
 MATL\_MASS\_FRACTION(2,1)=1.0,  
 MATL\_MASS\_FRACTION(3,1)=1.0,  
 THICKNESS(1:3)=0.01,0.28,0.01/  
 &SURF ID='Yttervägg',  
 COLOR='GRAY 60',

MATL\_ID(1,1)='CONCRETE',  
 MATL\_MASS\_FRACTION(1,1)=1.0,  
 THICKNESS(1)=0.2/  
 &SURF ID='Garderobsbrand osprinklad',  
 FYI='Garderobsbrand osprinklad',  
 COLOR='RED',  
 HRRPUA=3575/

&OBST XB=31.0,31.2,11.5,36.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,31.2,36.8,37.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=54.6,54.8,18.4,23.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=54.8,57.4,18.4,18.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=54.6,56.4,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=52.4,54.8,23.4,23.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=56.4,56.6,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=56.6,56.8,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=56.8,57.0,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.0,57.2,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.2,57.4,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.2,57.4,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.4,57.6,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.6,57.8,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.6,57.8,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.8,58.0,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.0,58.2,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.2,58.4,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.2,58.4,15.2,15.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.4,58.6,15.2,15.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.4,58.6,15.0,15.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.6,58.8,15.0,15.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.8,58.0,14.8,15.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.6,58.8,14.8,15.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.4,57.6,18.4,18.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.4,57.6,18.2,18.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.6,57.8,18.0,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.8,58.0,18.0,18.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.0,58.2,17.8,18.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.2,58.4,17.6,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.4,58.6,17.6,17.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.6,58.8,17.4,17.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.8,59.0,17.4,17.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.8,59.0,17.2,17.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.0,59.2,17.2,17.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.2,59.4,17.2,17.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.2,59.4,17.0,17.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.4,59.6,17.0,17.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.6,59.8,16.8,17.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.8,60.0,16.4,16.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=59.8,60.0,16.6,16.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=60.0,60.2,16.2,16.4,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=60.0,60.2,16.4,16.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.0,31.2,8.3,11.5,0.0,2.2, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,42.4,42.6,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,42.6,42.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,42.8,43.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,43.0,43.2,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction



&OBST XB=26.0,26.2,44.8,45.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,44.0,44.2,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.0,44.2,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,43.6,43.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,43.8,44.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.2,26.4,44.2,44.4,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.4,44.4,44.6,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.6,42.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.8,43.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.4,43.6,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.6,43.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.2,43.4,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=25.4,25.6,45.6,45.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.4,26.6,44.2,44.4,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,43.0,43.2,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.6,23.8,46.8,47.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=21.4,21.6,46.8,47.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=22.2,22.4,46.8,47.0,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.4,20.6,46.6,46.8,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=26.6,26.8,42.4,42.6,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=35.1,38.2,6.0,6.2,0.0,3.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0003,29.5,5,9,6.1,0.0,3.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.0,35.1,8.3,8.5,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=34.9,35.1,6.0,8.3,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,23.2,6.1,11.3,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.1,51.0,27.8,28.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=52.4,54.8,23.4701,23.6,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=38.2,49.3,5.8,11.6,-1.77636E-15,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.2,32.8,3.2,8.3,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=32.8,34.8,5.8,8.3,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=34.9,38.2,5.8,6.0,-1.77636E-15,4.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,23.0,3.2,11.3,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=29.5,31.2,3.2,7.6,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.2,51.2,28.0,28.9,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=37.3,49.3,28.9,29.2,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,26.4,3.2,5.9,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.3,18.9,19.9,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.4,12.7,18.9,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,31.4,11.4,12.7,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,26.8,37.1,38.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,31.2,28.9,37.1,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,26.8,38.3,43.7,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.2,26.6,43.9,44.1,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.2,26.8,43.7,43.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.4,26.4,44.3,44.5,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.4,26.6,44.1,44.3,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.6,26.2,44.7,44.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.6,26.4,44.5,44.7,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.8,26.0,45.1,45.3,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.8,26.2,44.9,45.1,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.0,25.8,45.3,45.5,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.2,25.8,45.5,45.7,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.4,25.6,45.7,45.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.6,25.4,45.9,46.1,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.8,25.2,46.1,46.3,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.2,24.8,46.3,46.5,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.4,24.4,46.5,46.7,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.8,24.0,46.7,46.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=21.2,31.3,19.9,28.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,21.2,19.9,28.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,20.8,15.9,19.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,20.8,11.5,15.9,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.0,11.3,11.5,3.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=29.3,29.5,6.1,7.6,0.0,3.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=29.3,31.2,7.6,7.8,0.0,3.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.0,31.2,7.8,8.3,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=49.3,51.0,24.0,24.2,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction

&OBST XB=50.9,51.1,24.2,27.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=50.9,52.5,27.8,28.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=52.3,52.5,23.6,27.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=37.3,49.3,24.1,24.3,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=31.1,37.3,24.1,24.3,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=58.9,59.1,15.0,15.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=59.1,59.3,15.2,15.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=59.3,59.5,15.4,15.6,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=59.5,59.7,15.6,15.8,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=59.7,59.9,15.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=59.9,60.1,16.0,16.2,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=60.1,60.1,16.2,16.4,0.0,2.4, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=20.8,31.0,11.3,11.5,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,13.6,28.9,38.1,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,18.2,38.1,38.3,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,18.2,38.3,42.1,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,26.8,42.1,42.3,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=26.6,26.8,36.9,42.1,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,13.6,19.9,28.9,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,13.6,16.1,19.9,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,18.2,15.9,16.1,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,18.2,11.5,15.9,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,20.8,11.3,11.5,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=54.5,54.7,11.8,16.0,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=14.5,16.5,24.5,26.5,0.0,0.5, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.8,18.0,38.3,47.9,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=26.8,31.6,37.0,47.9,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=12.6,13.4,28.4,35.9,0.0,4.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,13.4,14.1,28.4,0.0,4.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,18.0,14.1,15.9,0.0,4.0, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=13.2,18.0,3.2,14.0,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,20.8,3.2,11.3,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=32.8,33.8,3.2,5.8,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=49.4,60.7,5.8,11.6,0.0,1.77636E-15, SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=52.6,55.7,23.8,28.4,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=54.9,60.8,18.7,21.7,0.0,4.0, OUTLINE=.TRUE., SURF\_ID='INERT'/ Obstruction  
&OBST XB=31.2,54.7,11.6,11.8,0.0,2.4, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,26.8,37.0,38.1,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=13.4,31.2,35.9,37.0,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,26.6,43.7,44.1,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,26.7,43.1,43.7,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.0,26.8,41.3,43.1,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.1,26.5,44.1,44.2,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.1,26.8,39.2,41.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.2,26.4,44.3,44.4,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.2,26.5,44.2,44.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.2,26.8,38.1,39.2,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.3,26.4,44.4,44.5,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.4,26.3,44.5,44.7,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.5,26.2,44.7,44.8,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.6,26.1,44.9,45.0,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.6,26.2,44.8,44.9,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.7,26.1,45.0,45.1,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.8,26.0,45.1,45.2,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=18.9,26.0,45.2,45.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.0,25.9,45.3,45.4,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.1,25.9,45.4,45.5,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.2,25.8,45.5,45.6,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.3,25.7,45.6,45.7,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.4,25.6,45.7,45.8,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.5,25.5,45.8,45.9,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.6,25.4,45.9,46.0,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.7,25.2,46.0,46.1,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.8,25.1,46.1,46.2,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=19.9,25.0,46.2,46.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=20.0,24.9,46.3,46.4,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
&OBST XB=20.1,24.7,46.4,46.5,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction



&OBST XB=20.2,24.6,46.5,46.6,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.3,24.4,46.6,46.7,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.4,24.2,46.7,46.8,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=20.7,24.1,46.8,46.9,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=21.3,23.9,46.9,47.0,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,54.7,11.6,15.8,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,54.8,18.6,18.8,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,55.0,18.8,22.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,57.8,18.4,18.6,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,58.0,18.2,18.4,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,58.2,18.0,18.2,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,58.6,17.8,18.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,58.8,17.6,17.8,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,59.0,17.4,17.6,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,59.2,17.2,17.4,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,59.4,17.0,17.2,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,59.6,16.8,17.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,59.8,16.6,16.8,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,60.0,15.8,16.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,60.0,16.4,16.6,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,60.2,16.0,16.6,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.4,59.8,15.6,15.8,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=57.8,59.6,15.4,15.6,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.2,59.4,15.2,15.4,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.4,59.2,15.0,15.2,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=58.6,59.0,14.8,15.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=54.8,55.0,18.6,18.8,2.4,2.4, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=54.8,55.0,18.6,18.8,4.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.4,31.0,23.9,28.0,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.4,31.1,22.0,23.9,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=19.4,31.2,28.0,28.4,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.0,33.8,23.9,28.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.1,33.8,22.0,23.9,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,19.4,22.0,28.4,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,38.2,8.2,11.6,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=34.8,38.2,6.0,8.2,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,31.2,11.5,14.0,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,33.8,11.4,11.5,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,33.8,11.3,11.4,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,26.3,6.0,6.1,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,29.5,6.1,7.6,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,31.2,7.6,8.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=23.0,33.8,8.3,11.3,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.2,33.8,11.5,14.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,31.2,28.4,35.9,3.0,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,52.6,23.8,28.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=33.8,55.0,22.0,23.8,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=53.8,55.0,23.8,24.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=13.4,31.1,16.1,22.0,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=14.6,31.1,16.0,16.1,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=16.9,31.1,15.9,16.0,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,31.1,15.6,15.9,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,31.2,14.0,15.6,3.0,4.0, COLOR='INVISIBLE', SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.1,33.8,15.6,22.0,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=31.2,33.8,14.0,15.6,2.4,4.0, SURF\_ID='Yttervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=39.0,48.2,14.0,21.0,3.2,3.4, SURF\_ID='Yttervägg'/ Ljudisolering tak  
 &OBST XB=38.0,38.2,6.2,11.5,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ V ägg, källarplan, mellan toalett och trappa 2  
 &OBST XB=39.0,39.2,14.2,20.8,2.6,3.2, SURF\_ID='Yttervägg'/ Ljudisolering  
 &OBST XB=39.0,48.2,14.0,14.2,2.6,3.2, SURF\_ID='Yttervägg'/ Ljudisolering  
 &OBST XB=39.0,48.2,20.8,21.0,2.6,3.2, SURF\_ID='Yttervägg'/ Ljudisolering  
 &OBST XB=48.0,48.2,14.2,20.8,2.6,3.2, SURF\_ID='Yttervägg'/ Ljudisolering  
 &OBST XB=26.6,26.8,41.9,43.6,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
 &OBST XB=18.0,18.2,41.9,43.6,0.0,3.0, SURF\_ID='Innervägg'/ Obstruction  
  
 &HOLE XB=23.9,25.2,11.2,11.7,1.2,2.2/ Dörr mot huvudtrappa 2  
 &HOLE XB=27.9,29.1,11.2,11.7,1.2,2.2/ Dörr mot huvudtrappa 3  
 &HOLE XB=18.2,26.6,42.0,42.49,0.0,3.0/ Hole

```

&HOLE XB=30.8,31.3,16.2,18.4,0.0,2.2/ Hole
&HOLE XB=23.9,25.2,11.2,11.7,0.0,1.2, CTRL_ID='Stäng'/ Dörr mot huvudtrappa 2[1]
&HOLE XB=27.9,29.1,11.2,11.7,0.0,1.2, CTRL_ID='Stäng'/ Dörr mot huvudtrappa 3[1]
&HOLE XB=35.9,37.1,24.0,24.4,0.0,2.2/ Dörr, bar, källarplan 1
&HOLE XB=40.2,41.4,24.0,24.4,0.0,2.2/ Dörr, bar, källarplan 2
&HOLE XB=44.2,45.4,24.0,24.4,0.0,2.2/ Dörr, bar, källarplan 3
&HOLE XB=39.2,48.0,14.2,20.8,2.39,3.2/ Ljudisloering håll
&HOLE XB=35.9,37.3,11.4,11.9,0.0,1.1, CTRL_ID='Stäng'/ Dörr mot huvudtrappa 1
&HOLE XB=26.4348,29.2995,5.85,6.15,0.0,3.0/ Trapphus-öppning
&HOLE XB=35.9,37.3,11.4,11.9,1.1,2.2/ Dörr mot huvudtrappa 1[1]

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=26.4,29.5,3.3,3.3,0.0,4.0, IOR=2, OUTLINE=.TRUE./ Vent
&VENT SURF_ID='Garderobsbrand osprinklad', XB=14.5,16.5,24.5,26.5,0.5,0.5, COLOR='RED', XYZ=15.5,25.5,0.5,
SPREAD_RATE=0.002046/ Garderobsbrand osprinklad

```

```

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=51.9/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=34.8/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=24.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=24.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=51.9/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=34.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=17.4/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.9/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.9/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=21.4/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=17.8/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=27.7/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=31.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=20.4/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=11.6/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=14.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=37.1/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=17.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=21.4/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=27.6/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=20.4/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=14.8/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=11.5/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=31.2/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', PBX=13.6/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', PBX=-8.71471/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', PBX=30.6/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=25.4/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=37.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=25.4/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=22.7/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=28.4/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=16.6/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=22.6/&SLCF QUANTITY='VELOCITY',
VECTOR=.TRUE., PBX=28.4/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=17.5/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=36.8/

```

```
&TAIL /
```

### Simulering 3: Sprinklad garderobsbrand

I denna simulering används samma kod som i den osprinklade garderobsbranden, men brandens egenskaper har bytts ut enligt nedanstående kod.

```

&SURF ID='Garderobsbrand',
  FYI='Garderobsbrand',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=852.5/

```

&VENT SURF\_ID='Garderobsbrand', XB=14.5,16.5,24.5,26.5,0.5,0.5, COLOR='RED', XYZ=15.5,25.5,0.5, SPREAD\_RATE=0.004189/Sprinklad garderob

### Simulering 4: Sprinklad garderobsbrand - RTI 50 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup>,

Sprinklerhuvudenas RTI sänks till 50 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup>, vilket påverkar effektutvecklingen. Koden ändras enligt nedan.

```
&SURF ID='Garderobsbrand sprinklad RTI50',
  FYI='Garderobsbrand sprinklad med RTI50',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=555.0,
  RAMP_Q='Garderobsbrand sprinklad RTI50_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Garderobsbrand sprinklad RTI50_RAMP_Q', T=155.0, F=1.0/
&RAMP ID='Garderobsbrand sprinklad RTI50_RAMP_Q', T=156.0, F=0.3/
&RAMP ID='Garderobsbrand sprinklad RTI50_RAMP_Q', T=160.0, F=0.3/
```

&VENT SURF\_ID='Garderobsbrand RTI50', XB=14.7,16.2,24.7,26.2,0.5,0.5, COLOR='RED', XYZ=15.5,25.5,0.5, SPREAD\_RATE=0.005192/Garderobsbrand sprinklad RTI50

### Simulering 5: garderobsbrand, RTI 50 m<sup>1/2</sup>s<sup>1/2</sup> + brandgasfläkt 20 m<sup>3</sup>/s.

I denna simulering har en brandgasfläkt satts in som åtgärd i taket i garderobsavdelningen, i övrigt ser koden ut som i simulering 4. Ökad tilluftsventilation tillsammans med brandgasfläkten skrivs enligt nedanstående kod.

```
&SURF ID='frÅÿnluft',
  RGB=26,128,26,
  VOLUME_FLUX=2.86,
  TAU_V=-30.0/
```

```
&SURF ID='tilluft',
  RGB=51,51,255,
  VOLUME_FLUX=-1.14,
  TAU_V=-30.0/
```

```
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,42.7,44.3,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,36.7,38.3,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent1
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,32.1,33.7,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent2
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,27.5,29.1,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent3
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,22.9,24.5,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent4
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,18.3,19.9,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent5
&VENT SURF_ID='frÅÿnluft', XB=21.4,23.0,13.7,15.3,3.0,3.0, CTRL_ID='CTRL'/ Vent6
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=21.3,23.3,11.5,11.5,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=18.2,18.2,12.9,14.9,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=16.1,18.1,16.1,16.1,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=18.2,18.2,39.9,41.9,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=13.6,13.6,19.4,21.4,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=31.0,31.0,33.7,35.7,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=25.7,27.7,11.5,11.5,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till[1]
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=31.0,31.0,27.4,29.4,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till[1]
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=31.0,31.0,21.4,23.4,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till[1]
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=26.6,26.6,37.9,39.9,0.2,0.8, CTRL_ID='CTRL'/ till[1][1]
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=31.0,31.0,13.4,15.4,0.2,0.8/ Vent
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=13.6,13.6,33.0,35.0,0.2,0.8/ Vent
&VENT SURF_ID='tilluft', XB=14.9,16.9,38.1,38.1,0.2,0.8/ Vent
```

&VENT SURF\_ID='tilluft', XB=27.9,29.9,36.8,36.8,0.2,0.8/ Vent

### Simulering 6: garderobsbrand, RTI $50 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$ + brandgasfläkt $35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Samma kod som i simulering 5 används här, men med ett högre från- och tilluftsflöde.

```
&SURF ID='frånluft',  
  RGB=26,128,26,  
  VOLUME_FLUX=5.0,  
  TAU_V=-30.0/  
&SURF ID='tilluft',  
  RGB=51,51,255,  
  VOLUME_FLUX=-2.0,  
  TAU_V=-30.0/
```