



LUNDS UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola

*Brandteknisk Riskvärdering*  
*Wisby Strand*



*Gustav Ask*  
*Oscar Hed*  
*Johan Lindberg*  
*Ann-Sofie Roth*

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

Brandteknik och Riskhantering  
Lund Tekniska Högskola  
Lunds Universitet

Rapport 9331  
Lund 2007



*Brandteknisk riskvärdering*  
*Wisby Strand*

Gustav Ask  
Oscar Hed  
Johan Lindberg  
Ann-Sofie Roth

Lund 2007

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

Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 73 60  
E-post: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety  
Lund University  
Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden  
Telephone: +46 46 222 73 60  
E-mail: brand@brand.lth.se  
**Rapport/Report**  
9331

**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Wisby Strand Congress & Event

**Title**

Fire safety evaluation of Wisby Strand Congress & Event

**Av/By**

Gustav Ask  
Oscar Hed  
Johan Lindberg  
Ann-Sofie Roth

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2007  
The Fire Protection Engineering Programme, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, 2007

**Abstract**

This report is written as a part of the course VBR054 which is given at the Fire Engineering Programme at Lund University. The purpose is to evaluate the safety regarding evacuation due to fire at Wisby Strand Congress & Event, located in the medieval part of Visby, Sweden.

Wisby Strand is a newly built congress center with the capacity to hold events for up to 1000 persons. Two separate visits have been made at Wisby Strand to collect all necessary inputs and to find the potential hazards in the building. Four different scenarios have been studied using computer programs like CFAST, Simulex and DetactT2 to evaluate smoke filling and evacuation of Wisby Strand. The result from the simulations points towards that a safe evacuation cannot be validated for all of the scenarios. The main problem seems to be that the visibility is too poor and the smoke layer height is too low during the time needed for evacuation. To improve the conditions during the evacuation a number of suggestions have been made. To validate these, they have been undertaken a sensitivity analysis. Our suggestions of improvements are listed at the end of this report.

**Sökord**

Brandteknisk riskvärdering, CFAST, Simulex, Wisby Strand, Visby, brandscenario, personsäkerhet, utrymningssäkerhet, kritiska förhållanden, brandgasspridning, brandgasfyllnad, sprinkleraktivering, garderobsbrand, effektkurvor, konferensanläggning

**Keywords**

Fire safety evaluation, CFAST, Simulex, Wisby Strand, fire modeling, personal safety, evacuation, critical conditions, smoke spread, smoke filling, sprinkler activation, congress center.

**Språk/Language**

Svenska/Swedish



## **Förord**

Hösten 2007 har stor möda lagts på att färdigställa denna riskvärdering av Wisby Strand konferenscenter. Under resans gång har vi erhållit nya kunskaper och fått fördjupad förståelse för problematiken kring brand- och utrymningssäkerhet.

Arbetet har varit ömsom påfrestande och ömsom mycket givande och vi är stolta att presentera denna rapport som vi både hoppas och tror kan vara behjälplig för att ytterligare förbättra säkerheten på Wisby Strand.

Vi vill rikta ett stort tack till de personer som hjälpt oss framåt genom att bistå med kunskap, erfarenhet och entusiasm. Utan er hjälp hade det gått betydligt långsammare.

*Daniel Nilsson*, doktorand Brandteknik och handledare för projektet, för svar på alla våra frågor.

*Per Wikberg*, brandingenjör räddningstjänsten Gotland, för snabba svar på våra funderingar och ett trevligt mottagande på Visby brandpub.

*Jonas Weijmar*, tekniker, för guidning och mottagning på Wisby Strand.

*Brandteknik LTH*, för behjälplighet i allmänhet.

*Räddningstjänsten Gotland*, för kost & logi.

*LU-Flyg*, TFHS-Ljunbyhed, för säker och trevlig flygning Visby ToR samt en brant och spännande inflygning till ESSV.

*... och sist men inte minst ett stort tack till Niklas Sjöblom med personal på Wisby Strand för att ni ställde upp på projektet och för de otroligt goda luncherna!*

Lund, november nådens år 2007  
*Gustav, Oscar, Johan, Ann-Sofie*





## **Sammanfattning**

Denna rapport avser att utvärdera brandsäkerheten vid Wisby Strand konferenscenter. Rapporten utgör examination i kursen brandteknisk riskvärdering, VBR 054. Syftet med rapporten är att utvärdera om personsäkerheten är tillfredsställande vid en utrymning och lämna förslag på förbättringar i de fall det anses behövt.

Wisby Strand är en nybyggd kongress- och konferensanläggning med kapacitet att ta emot ca 1000 gäster antingen som åhörare i sin kongresshall eller som matgäster vid större banketter. Personalstyrkan består av 15 stycken fast anställda samt extra personal som tas in vid större evenemang.

Inledningsvis gjordes ett objektbesök som sedan legat till grund för rapportskrivandet. I samband med besöket genomfördes även en enkätundersökning där det visades att den ordinarie personalen har god kännedom vad gäller rutiner vid utrymning.

Ett större antal troliga brandscenarier diskuterades och slutligen valdes de som bedömdes ge störst konsekvenser. Effektkurvor togs fram och brandgasspridning simulerades i programmet CFAST. Dessa resultat har kompletterats med handberäkningar. Simuleringar av utrymningsförloppen har genomförts i Simulex. Resultaten med avseende på sikten och brandgaslagrets höjd visade att tveksamheter uppstår för personsäkerheten vid utrymning. Övriga parametrar såsom toxicitet, temperatur samt strålning påvisar acceptabla värden.

Dock finns det vissa begränsningar med CFAST. Programmet bygger på tvåszonsmodellen, vilken är giltig för mindre rum och har svårt att hantera större volymer, likt de i Wisby Strand. Resultaten från CFAST bör därför tolkas med försiktighet.

Olika förslag på förbättringar har diskuterats och förslagen har genomgått en verifiering i syfte att se om de ger någon förändring. För att ytterligare förbättra säkerheten vid Wisby Strand ges bland annat följande förslag:

- Begränsa brandspridning i garderoben med t.ex. gipsskivor i eller borttagande av hatthyllor på vartannat rack.
- Vid utrymning av bankettsal leds gäster genom kongresshallen till trapphus 3.
- Gäster med sittplatser i östra delen av kongresshallen hänvisas vid evenemang in via östra ingången plan 3 i syfte att de skall välja trapphus 3 som utrymningsväg vid utrymning.
- Ej förvara materiel i utrymningsvägar, till exempel trapphus 3.
- Aktivt arbeta med personalens förståelse för SBA i syfte att ständigt belysa vikten av ett fungerande systematiskt brandskydd och vilka konsekvenser det kan tänkas ge om det inte sköts.

I stort anses personsäkerheten på Wisby Strand vara god. Dock finns det några allvarliga brister som skulle kunna äventyra säkerheten och det är därför av yttersta vikt att de påtalade bristerna åtgärdas. Då Wisby Strand är en relativt ny anläggning och har en positiv inställning till säkerhetsarbete anses det att det finns goda möjligheter att höja säkerhetsnivån.



## Nomenklaturlista

$A$	Area [m <sup>2</sup> ]
$\alpha$	$(L_1 \cdot L_2) / D^2$ [-]
$B$	Bredd [m]
$D$	Diameter [m]
$D_0$	Rökpotential [m <sup>2</sup> /g] alt. [ob m <sup>3</sup> /g]
$D_L$	Optisk densitet [m <sup>-1</sup> ] alt. [ob/m]
$\varepsilon$	Emissivitet [-]
$H$	Höjd [m]
$\Delta H_c$	Förbränningsentalpi [kJ/g]
$L$	Längd [m]
$m$	Massa [kg]
$M$	Molmassa [g/mol]
$n$	Molmängd [mol]
$OD$	Optical density [m <sup>-1</sup> ]
$\Phi$	Synfaktor [-]
$p$	Tryck [Pa]
$Q$	Energi [kJ]
$\dot{Q}$	Effekt [kW]
$q''$	Effekt per area [kW/m <sup>2</sup> ]
$R$	Allmänna gaskonstanten [J/(mol K)]
$\rho$	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]
$S$	$L_1/L_2$ [-]
$\sigma$	Stefan-Boltzmanns konstant [W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )]
$t$	Tid [s]
$T$	Temperatur [°C]
$V$	Volym [m <sup>3</sup> ]
$\chi$	Förbränningseffektivitet [-]
$y$	Yield [-]

## **Innehållsförteckning**

<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1. Bakgrund.....	1
1.2. Syfte.....	1
1.3. Metod.....	1
1.4. Avgränsningar.....	2
<b>2. WISBY STRAND.....</b>	<b>3</b>
2.1. Byggnaden.....	3
2.2. Verksamhetsbeskrivning.....	5
<b>3. BEFINTLIGT BRANDSKYDD.....</b>	<b>7</b>
3.1. Passiva system.....	7
3.2. Aktiva system.....	8
3.2.1. Ventilationssystemet.....	8
3.2.2. Detektorer.....	10
3.2.3. Sprinkler.....	10
3.2.4. Brandgasventilation.....	10
3.3. Utrymningsvägar.....	10
3.4. Rutiner vid larm.....	11
3.5. Iakttagelser vid objektsbesök.....	12
<b>4. ENKÄTUNDERSÖKNING.....</b>	<b>15</b>
<b>5. SCENARIER.....</b>	<b>16</b>
5.1. Framtagning av scenarier.....	16
5.2. Valda scenarier.....	17
<b>6. BRANDFÖRLOPP.....</b>	<b>18</b>
6.1. Brand i garderob.....	18
6.1.1. Effektutveckling.....	19
6.2. Brand i barsoffa.....	21
6.2.1. Effektutveckling.....	21
6.3. Brand på scenen.....	23
6.3.1. Effektutveckling.....	23

<b>7. SIMULERING AV UTRYMNING .....</b>	<b>26</b>
<b>7.1. Människors beteende vid utrymning .....</b>	<b>26</b>
7.1.1. Gäster med funktionshinder .....	27
<b>7.2. Simulex .....</b>	<b>27</b>
<b>7.3. Gäster i bankettsalen .....</b>	<b>28</b>
7.3.1. Brand i garderob .....	28
7.3.2. Brand i barsoffa .....	31
<b>7.4. Gäster i kongresshallen .....</b>	<b>33</b>
7.4.1. Brand på scen - kuber öppna .....	33
7.4.2. Brand på scen - kuber stängda .....	35
<b>8. BRANDGASSIMULERINGAR .....</b>	<b>38</b>
<b>8.1. Teori.....</b>	<b>38</b>
8.1.1. Tvåzonsmodellen .....	38
8.1.2. CFAST .....	38
8.1.2.1. Begränsningar och antaganden .....	38
8.1.3. Kritiska förhållanden.....	40
8.1.3.1. Toxicitet .....	40
8.1.3.2. Sikt .....	41
8.1.3.3. Brandgaslagrets höjd .....	41
8.1.3.4. Strålning .....	42
8.1.3.5. Temperatur .....	42
<b>8.2. Brand i garderob.....</b>	<b>42</b>
8.2.1. CFAST-simulering.....	42
8.2.2. Kritiska förhållanden.....	43
<b>8.3. Brand i barsoffa .....</b>	<b>44</b>
8.3.1. CFAST-simulering.....	44
8.3.2. Kritiska förhållanden.....	45
<b>8.4. Brand i kongresshall.....</b>	<b>47</b>
8.4.1. CFAST-simulering.....	47
8.4.2. Kritiska förhållanden.....	48
<b>9. SAMMANSTÄLLNING OCH TOLKNING AV RESULTAT .....</b>	<b>51</b>
<b>9.1. Tolknings av resultat .....</b>	<b>52</b>
9.1.1. Brand i garderob .....	52
9.1.2. Brand i barsoffa.....	53
9.1.3. Brand i kongresshall .....	53
<b>10. DISKUSSION ANGÅENDE ÅTGÄRDER.....</b>	<b>55</b>
<b>11. VERIFIERING AV ÅTGÄRDER.....</b>	<b>57</b>
<b>12. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERENSER .....</b>	<b>62</b>

**BILAGA A – Brandscenariematrix**

**BILAGA B – Effektkurvor**

**BILAGA C – Simulex indata**

**BILAGA D – Simulex utdata**

**BILAGA E – CFAST indata**

**BILAGA F – CFAST utdata**

**BILAGA G – Handberäkningar kritiska förhållanden**

**BILAGA H – Utrymningsenkät för personal Wisby Strand**

**BILAGA I – Översiktsritningar**

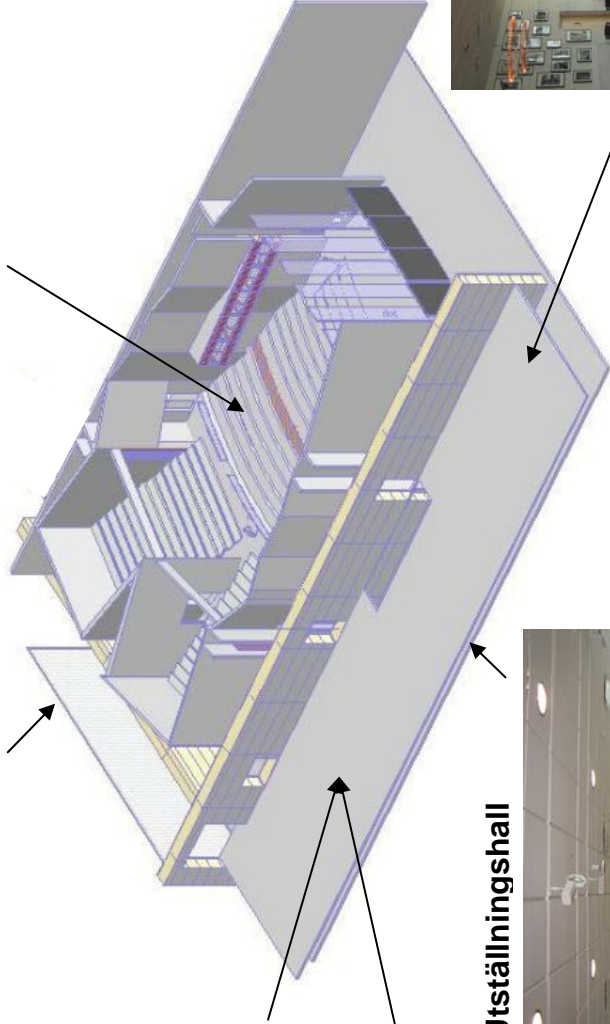


Översiktsskiss – Wisby Strand

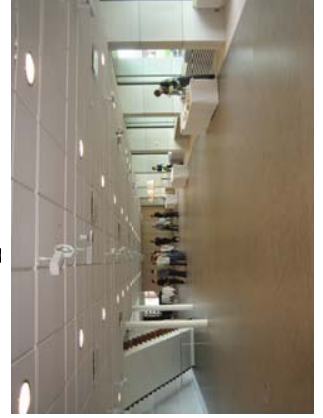
Huvudentré



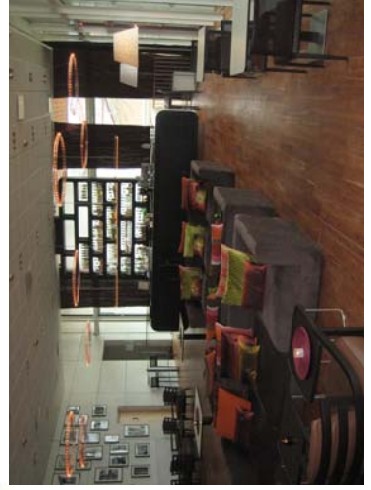
Kongresshall



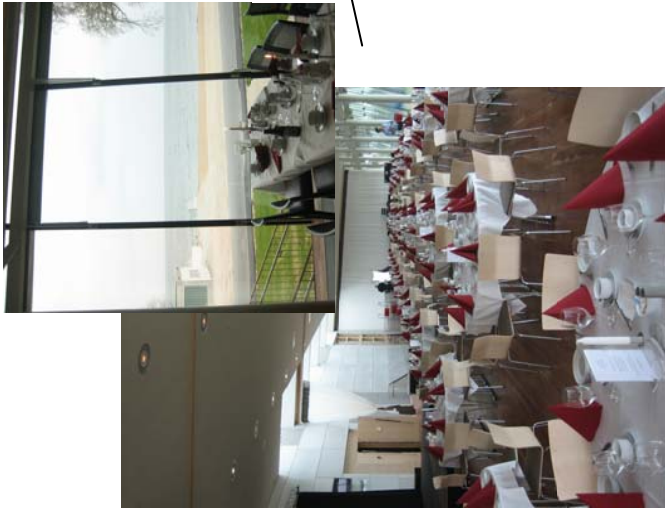
Utställningshall



Bar



Bankettsal





## **1. Inledning**

Rapporten är uppdelad i 12 kapitel. I de första tre beskrivs arbetets omfattning och objektets uppbyggnad, verksamhet och befintligt brandskydd. Kapitel 4 avhandlar den enkätundersökning som genomfördes vid objektsbesöket med avseende på personalens kunskaper om brandskyddet.

Framtagningsprocessen av scenarier och val av dessa beskrivs i kapitel 5. I kapitel 6 beskrivs de olika brandförloppen. I kapitel 7 och 8 simuleras utrymning respektive brandgasspridning.

I kapitel 9 vägs de olika simuleringarna samman och resultaten tolkas

I de avslutande kapitlen diskuteras och redovisas slutsatser samt förslag på förbättringar och vad som idag fungerar bra.

### **1.1. Bakgrund**

Under tredje året på brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola ges kursen Brandteknisk riskvärdering, VBR 054. Kursen syftar till att träna problemlösning på verkliga fall och därmed tillämpa de teoretiska kunskaper som erhållits under utbildningens första två år. Som en del av kursen görs en brandteknisk riskvärdering av en större byggnad, med avseende på personsäkerhet i samband med utrymning och eventuellt brandtillbud.

### **1.2. Syfte**

Syftet med rapporten är att utvärdera om personsäkerheten är tillfredsställande i händelse av brand och lämna förslag på förbättringar i de fall det anses behövligt.

### **1.3. Metod**

Inledningsvis gjordes ett studiebesök på det aktuella objektet tillsammans med handledare där även en enkätundersökning genomfördes för att bedöma personalens kunskap kring brand och utrymning.

Därefter diskuterades värsta tänkbara scenarion och fyra stycken valdes. Effektkurvor för brandhårdarna togs fram och brandgasspridning simulerades med hjälp av datorprogrammet CFAST, vars värden även kontrollerades med handberäkningar. Utrymningen simulerades med datorprogrammet Simulex.

Slutligen sammanställdes resultaten och personsäkerheten diskuterades. Förslag på åtgärder gavs.

#### **1.4. Avgränsningar**

Följande avgränsningar har gjorts:

- Ingen hänsyn har tagits till vad som händer efter att en person lämnat byggnaden. Det vill säga eventuell köbildning på gator eller i gränder och dylikt.
- Ingen hänsyn tas till byggnadens bärighet.
- Enkätundersökningen har bara vänt sig till Wisby Strands anställda och inte till de företag som hyr kontorsutrymmen i byggnaden.

## 2. Wisby Strand

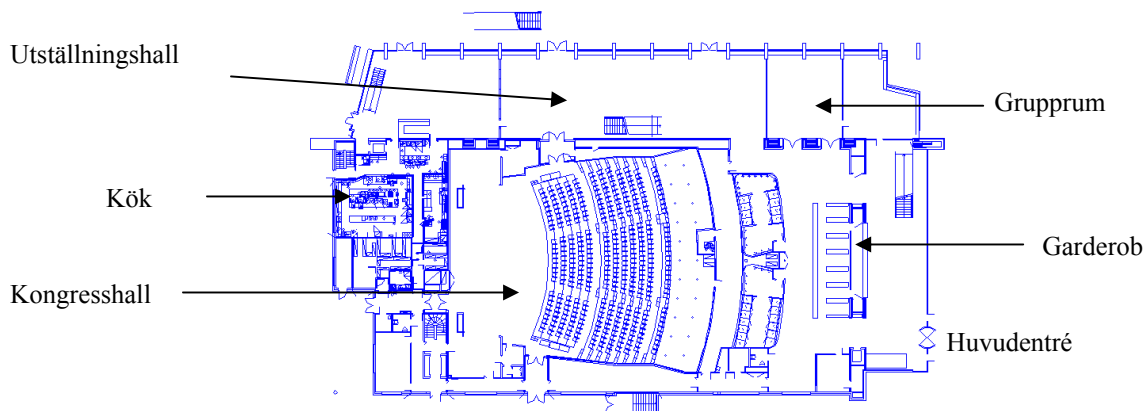
Naturskönt vid Visbys medeltida hamninlopp ligger Wisby Strand, en sedan våren 2007 nybyggd kongress- och konferensanläggning. För att förenkla beskrivningen av objektet fastställs att byggnaden ligger rak nord-sydlig riktning där huvudentrén pekar mot norr. Översiktsritningar på objektet återfinns i Bilaga I. Västra fasaden visas i bild 2.1.



*Bild 2.1 Wisby Strands västra fasad, sedd från strandpromenaden.*

### 2.1. Byggnaden

Huvuddelen av byggnaden utgörs av en kongresshall med plats för 1021 personer, varav 26 platser för rullstolsburna. Kongresshallen kan i sin tur delas in i tre olika delar. En större med 567 platser, samt två mindre i den bakre delen, kallade kuber, som vardera då rymmer 105 personer<sup>1</sup>. Utöver detta finns det 15 andra mindre konferenslokaler.

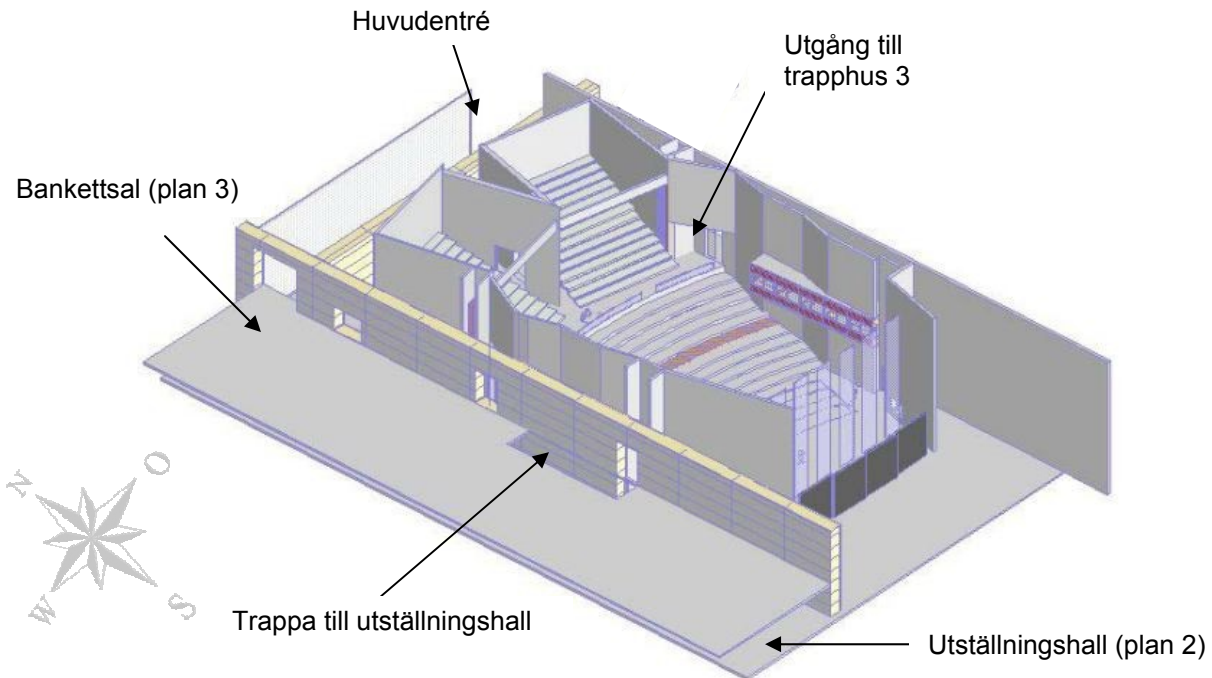


*Bild 2.2 Plan 2 från ovan, norr är åt höger.*

---

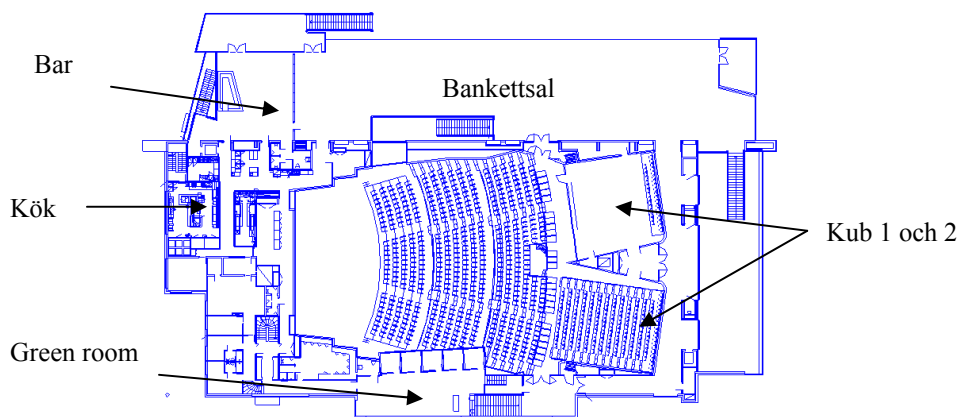
<sup>1</sup> Antal sittplatser i kuberna minskar då de används separat.

I bottenplan (plan 2), se bild 2.2, inryms foajé, garderob, en mindre matsal, ett antal grupprum samt en långsträckt utställningshall. Grupperummen är uppförda med vikväggar vilket gör att utställningsytan kan varieras (620 resp. 372 m<sup>2</sup>). I övrigt återfinns icke publika utrymmen såsom kontor, förråd samt kök på plan 2.



*Bild 2.3 Kongresshall med kuber sedd från väster.*

På övre plan (plan 3), se bild 2.4, finns en bankettsal med en kapacitet att ta emot upp till 700 sittande gäster. Totalt antal sittande gäster kan uppgå till 1000 stycken då även 300 kan placeras i utställningslokalen på plan 2. Bankettsalen är avdelad med ett draperi och bakom det återfinns en bar- och loungelokal. I övrigt finns ytterligare ett kök på plan 3 och det finns även ett greenroom för gäster och artister. I anslutning till greenroom finns det även 5 stycken tolkbås.



*Bild 2.4 Plan 3 från ovan, norr är åt höger.*



*Bild 2.5 Bankettsalen dukad för ca 300 personer med draperi i borte änden*

På plan 4 finns ett av fläktrummen samt ett kontorsutrymme. På plan 5 återfinns det andra fläktrummet. I källaren (plan 1) finns personalens omklädningsrum, förvaringsutrymmen för stolar, bord och dylikt. Samtliga icke publika utrymmen hålls låsta.

## **2.2. Verksamhetsbeskrivning**

Wisby Strand profilerar sig som en modern kongress- och konferensanläggning med möjlighet att möta i princip alla kundens önskemål. Till exempel står följande att läsa på deras hemsida:

*Vill du köra in en bil på scenen? Varsågod.*

*Vill du hänga upp bilen i taket? Inga problem.*

*Vill du ljussätta bilen med rörliga ljuskäglor? Självklart.*

Utöver kongress- och konferensutbudet finns möjlighet att hålla konserter och teaterföreställningar<sup>2</sup>. Anläggningen har även kapacitet att genomföra middagar med upp till 1000 sittande gäster.

Wisby Strands mötesverksamhet pågår i stort sett året om. Tack vare den politiska Almedalsveckan och andra evenemang på sommaren är anläggningen speciell i och med att den inte har sommarstängt. Detta är annars vanligt för större konferensanläggningar. I de bokningar som finns för 2008<sup>3</sup> är medelvärdet på antal besökare 362 personer och de stannar i genomsnitt 3 dygn. Under 2007 var antalet stora möten 40 stycken och då anläggningen inte

---

<sup>2</sup> Godkända av Riksteatern att ta emot de största turnéföreställningarna

<sup>3</sup> I skrivande stund 32 stycken

öppnade förrän i mitten av april finns det anledning att tro att siffrorna för 2008 kommer öka. Under 2007 var medelantalet 420 stycken per besök och de stannade i snitt 2,7 dygn.

Då storleken på evenemangen varierar gör även personalstyrkan det. I dagsläget finns det 15 stycken fast anställda samt upp mot 30 stycken visstidsanställda beroende på verksamhet. Vid vissa arrangemang tillkommer även extern eventpersonal<sup>4</sup>. Vid konferenser är principen att gästande kund har en kontaktperson som jobbar som projektledare för hela arrangemanget.

Restaurangdelen har tidigare under året haft öppet för allmänheten. Problem uppstod dock då det blev oregelbundna öppettider eftersom arrangemang ofta har behov av hela kökets kapacitet och restaurangen. För tillfället har därför den publika restaurangverksamheten lagts på is. Kontorsutrymmena på plan 4 hyrs ut till ett externt företag.

---

<sup>4</sup> Vissa av arrangemangen anordnas av externa eventföretag

### 3. Befintligt brandskydd

Wisby Strand är en konferensanläggning, uppförd i flera plan, där ett stort antal människor utan någon speciell lokalkännedom om byggnaden kommer att vara på plats samtidigt. Därigenom klassas anläggningen som en BR1 byggnad, det vill säga den brandtekniska klass med högst krav. Räddningstjänsten bedöms kunna vara på plats inom 10 minuter efter larm.

#### 3.1. Passiva system

Ett passivt system fungerar på samma sätt oavsett om det brinner eller ej. Det kan röra sig om väggar, dörrar, glaspartier med mera som är konstruerade på ett sådant sätt att de förhindrar spridningen av en brand eller brandgaser under en viss tid. Det kan också vara bärigheten i till exempel en vägg som ska bibehållas även efter en viss tid av brandpåverkan.

Brandcellsindelning på Wisby Strand är beskriven nedan samt på bild 3.1.

Konferenssalen inklusive de två kuberna och tolkbåsen utgör en egen brandcell. Entréhallen, foajén, utställningssalen, grupprummen, bankettsalen samt restaurangdelarna är tillsammans en brandcell i två plan. Dessa två brandceller är de publika delarna som gästerna vistas i.

Restaurangköket på plan 2 och 3 är en brandcell tillsammans med kontorsutrymmen på plan 3. Kontorsutrymmen på plan 2 och källaren (plan 1) utgör en brandcell. Kontor på plan 4 samt de olika fläktrummen är vardera varsin brandcell. Vidare utgör de olika trapphusen olika brandceller.

De flesta utrymmen separeras från varandra med brandklass EI30, vilket innebär ett 30 minuters skydd mot brand och brandgaser. Runt kongresshallen som till största del saknar sprinkler har brandklass EI60 valts, det vill säga 60 minuters skydd. Samtliga dörrar i brandcellsgränserna har automatisk stängning. En del av dem har även magnetisk uppställning och stängs automatiskt då utrymningslarmet aktiveras.

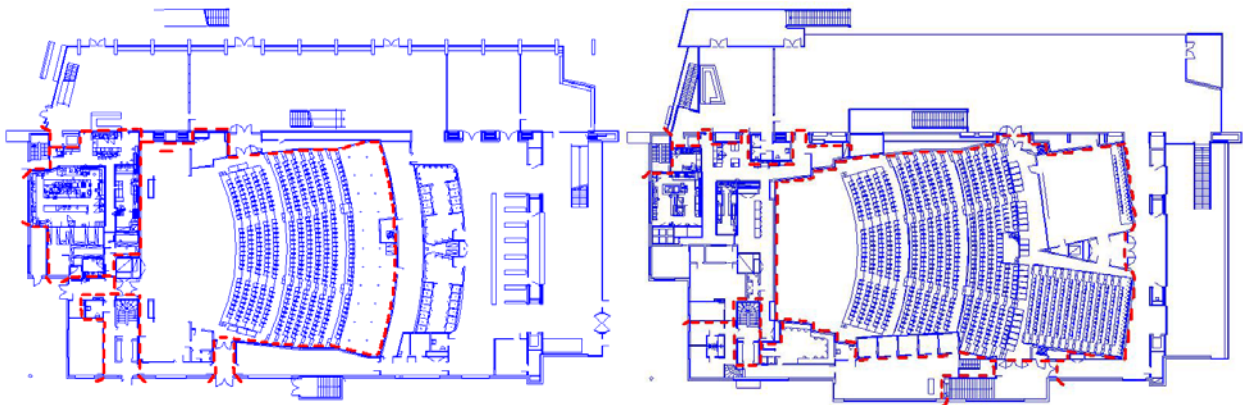


Bild 3.1 Brandcellsindelning plan 2 och plan 3.

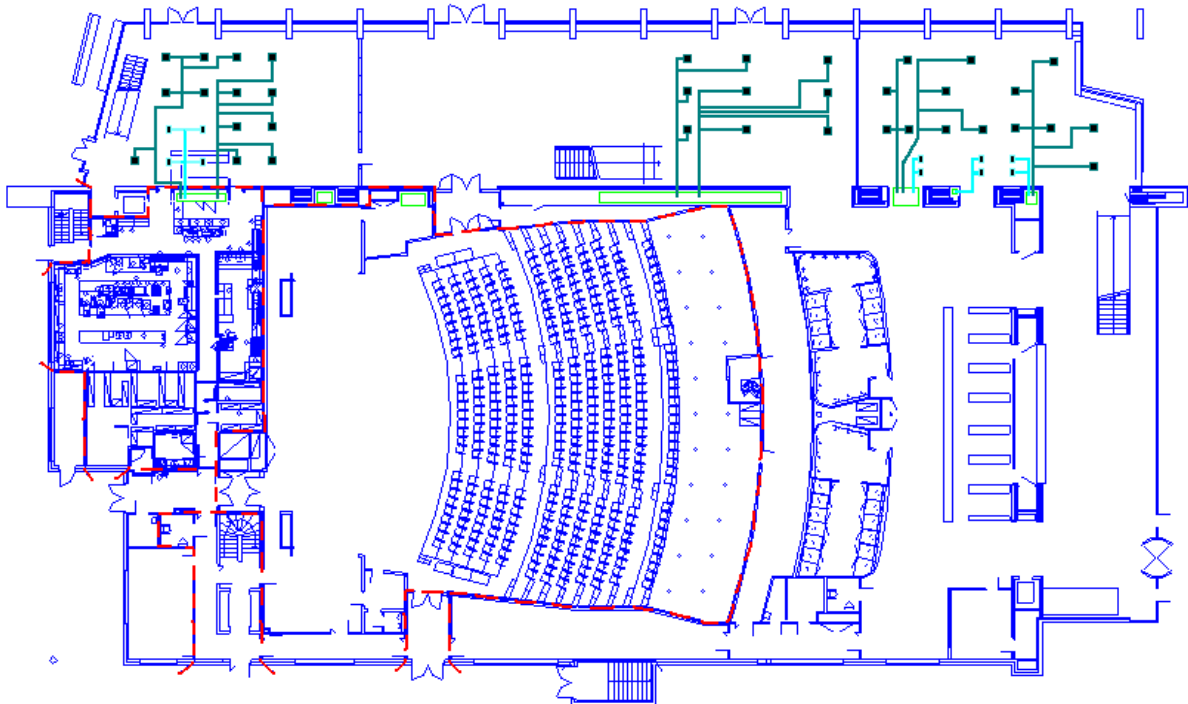
### **3.2. Aktiva system**

Ett aktivt system är ett system som aktiveras först när en brand utbrutit. Det kan röra sig om utrymningslarm med dess detektorer, sprinkler eller andra släcksystem, brandgasventilation med mera.

#### **3.2.1. Ventilationssystemet**

Byggnaden har två separata fläktrum, ett på plan 4 och ett på plan 5. Fläktrummet på plan 4 har till- och frånluft till kök och kontor via två separata aggregat. Detta har mindre betydelse för de publika delarna och har därför inte undersökts djupare. Fläktrummet på plan 5 har fyra aggregat som sköter till- och frånluft i kongresshall, kuber, entré, utställningshall och bankettsal.

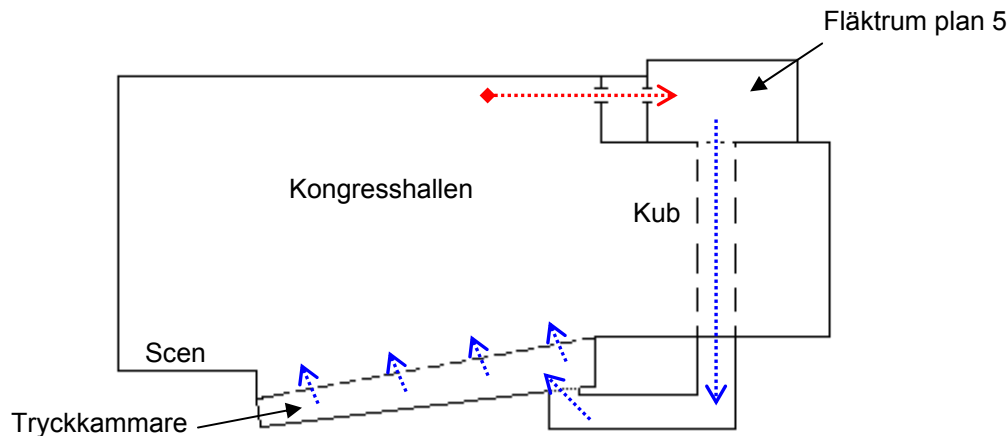
Inuti väggen mellan kongress- och utställningshallen/bankettsalen finns ett flertal schakt där till- och frånluftskanalerna från fläktrummet på plan 5 till de olika våningsplanen är dragna (se bild 3.2). På respektive våningsplan är sedan kanalerna dragna i undertaket till donen.



*Bild 3.2 Delar av ventilationssystemet på plan 2. Schakten genom våningsplanen markerade med ljusgrönt, tilluft med mörkgrönt och frånluft med turkos. Den streckade röda linjen markerar en brandcellsgräns*

På byggnadens östra sida finns motsvarande schakt och kanaler för till- och frånluft till de mindre förvaringsutrymmena (ej utritade i bild 3.2).





*Bild 3.3 Kongresshallens ventilation sedd från sidan*

Tilluftskanalerna till kongresshallen går från fläktrummet på plan 5 mellan de båda kuberna ner till plan 1 och sedan vidare in i en tryckkammare under kongresshallens stolar (se bild 3.3 och 3.4). Under varje stol i kongresshallen finns sedan ett don där luft leds från tryckkammaren in i kongresshallen. Ovanför kuberna finns fem större öppningar där frånluften leds in i fläktrummet på plan 5. Eftersom kuberna kan avdelas till två mindre rum har de separat till- och frånluft dragen från taket till fläktrummet på plan 5.



*Bild 3.4 Tryckkammaren under kongresshallen.*

De kanaler som korsar en brandcellsgräns är utrustade med brandspjäll, styrda av rökdetektorer, för att förhindra brand- och brandgasspridning. Kanalerna är även isolerade på båda sidor om genomföringen för att förhindra värmeledning som i längden kan leda till att branden sprider sig. Samtliga ventilationsaggregat stoppas då brandlarmet aktiveras. Inom en

brandcell finns inget direkt skydd för brandspridning via ventilationssystemet, men mellan brandcellerna finns ett bra skydd genom ovanstående lösningar.

### **3.2.2. Detektorer**

Byggnaden är utrustad med optiska rökdetektorer samt värmedetektorer. Optiska rökdetektorer är vanligast och förekommer i merparten av utrymmena. De förekommer i icke publika delar så som omklädningsrum, el och telerum, trappuppgångar, mindre förråd och utrymmen, fläktrum samt kontoren på plan 4. Loger och greenroom är även de utrustade med rökdetektorer.

I publika delar återfinns rökdetektorer bara i kongresshallen med kuber. Entréhall, bankettsal, utställningshall samt de publika toaletterna är inte utrustade med någon form av detektorer. I dessa fall sker aktivering av larmet via sprinkler. Värmedetektorer återfinns i köket samt i ventilationskanalerna i fläktrummen.

### **3.2.3. Sprinkler**

Wisby Strand har ett så gott som heltäckande sprinklersystem. Samtliga utrymmen är sprinklade utom kongresshallen där endast scenen är sprinklad. Sprinklern över scenen aktiveras manuellt, antingen från ljud-/ljuskontrollen eller från backstageområdet på scenens östra sida. Då någon del av sprinkleranläggningen aktiveras gör en tryckfallsgivare i systemet att även utrymningslarmet aktiveras.

Vid första besiktningen blev inte sprinkleranläggningen godkänd på grund av bristfällig dokumentation och användarinstruktioner. Detta har åtgärdats och nu finns tydliga instruktioner och rutiner för anläggningen.

### **3.2.4. Brandgasventilation**

I taket ovanför scenen samt i trapphusen finns luckor för ventilering av brandgaser. Luckorna öppnas antingen automatiskt med hjälp av smältbleck eller manuellt via centralapparaten.

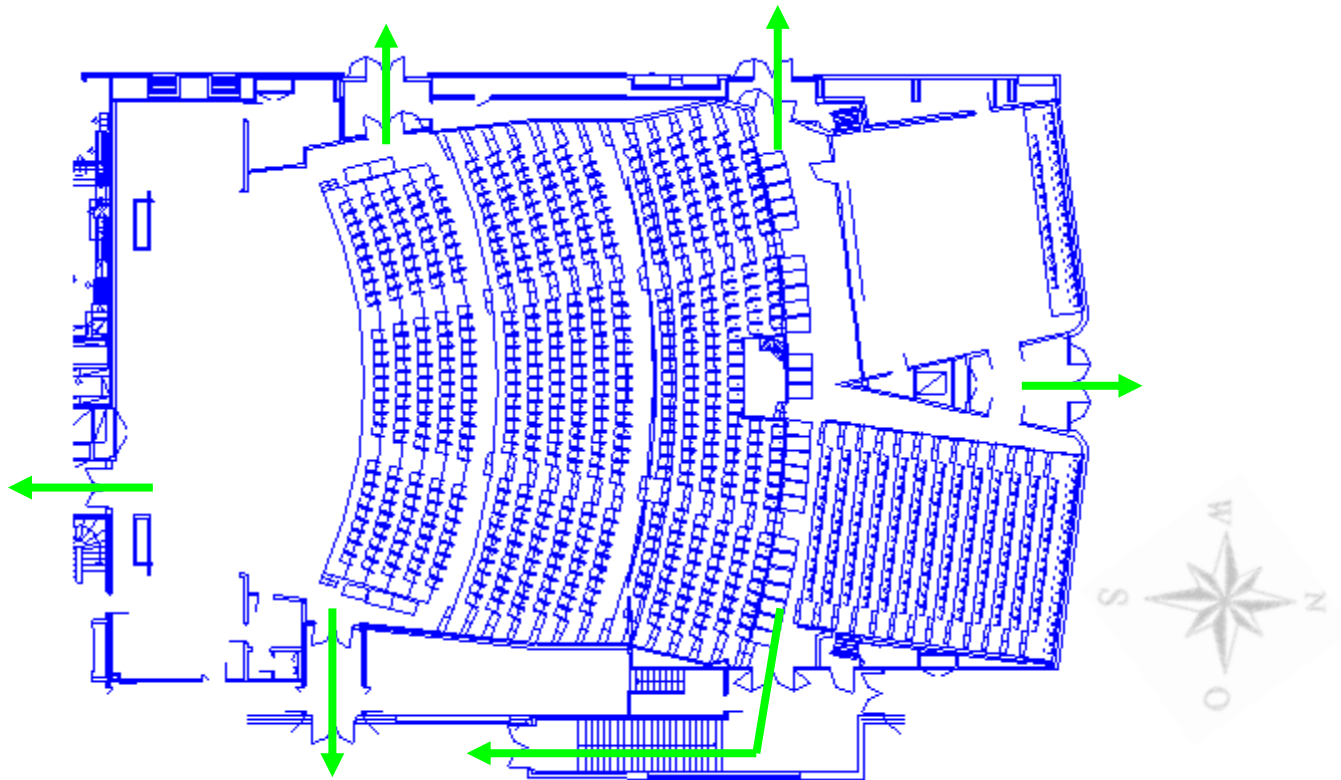
## **3.3. Utrymningsvägar**

Utrymning av utställningshall plan 2 sker antingen via två utgångar i väster alternativt via en i söder. Utrymning kan även ske via garderoben och ut genom huvudentrén.

Bankettsalen på plan 3 utryms via trapporna ner till utställningshallen och huvudentrén eller via nödutgångar till uteservering och därefter via en utomhustrappa ner till markplan.

Kongresshallen med kuber har sammanlagt sex stycken utgångar, tre i den främre delen och tre i den bakre, se bild 3.5. På plan 2 finns en utgång bakom scenen, vilken används av scenpersonal, där utrymningsvägen leder genom de ickepublika delarna ut till lastkajen söder om bygganden. Där finns även två utrymningsvägar, en i västlig riktning som leder till utställningshallen och en i östlig riktning som genom en kortare passage leder till det fria.

På plan 3 leder en utgång till trapphus 3 och via en trappa ner till det fria. En utgång i väster leder till bankettsalen och mellan kuberna finns en utgång som leder till utrymmet ovanför garderoben och därefter via huvudentré eller utställningshall till det fria.



*Bild 3.5 Utrymningsvägarna i kongresshallen*

Då kuberna är stängda sker utrymning av dessa via sidodörrar in till bankettsal respektive trapphus 3. Den avskiljande väggen som stänger kuberna har även en dörr som medför möjligheten att utrymma in till stora kongresshallen.

De ickepublika delarna utryms via trapphus ner till markplan alternativt ut till restaurangdel plan 3 eller plan 2 och vidare ut till det fria. Fläktrummen har som möjlig utrymningsväg ut på taket där sedan räddningstjänsten löser nedtagning med hjälp av stegar.

### **3.4. Rutiner vid larm**

Vid aktivering av sprinkler, indikering via rökdetektorer alternativt aktivering av manuell larmknapp startar utrymningslarmet. Larmet sprids via högtalarsystemet i de publika delarna och inleds med ett antal höga ljudsignaler som följs av ett talat meddelande: ”Viktigt meddelande, viktigt meddelande! Brand har utbrutit i byggnaden. Lämna omedelbart byggnaden genom närmaste utgång. Använd inte hissarna”. Det tar ca 30 sekunder för larmet att talas ut på svenska och därefter följer ett motsvarande meddelande på engelska. I personaldelarna aktiveras larmdon med stålklang samt larmdon med blixtljus. Återsamlingsplats vid utrymning är i den angränsande stadsparken, Almedalen.

Om larmet aktiveras via larmknapp eller sprinkler går det direkt vidare till SOS Alarm. Om aktivering sker via detektor stannar larmet vid larmcentralen. Personalen har då en minut på sig att kvittera larmet vid centralapparat. Därefter disponeras tre minuter till att kontrollera orsaken och därefter larma vidare alternativt återställa larmet. Sker ingen kvittens inom en minut eller ingen återställning efter tre minuter går larmet automatiskt vidare till SOS Alarm.

Vid varje evenemang tjänstgör en projektledare som länken mellan gästande organisation och Wisby Strand. Då utrymningslarmet ljuder är projektledarens uppgift att möta upp och informera gäster i Almedalen. Till hjälp finns väst och megafon i receptionen vid entrén. Den tekniker som är i tjänst ansvarar för att kontrollera centralapparaten. Vid denna finns även en mikrofon, kopplad till högtalarsystemet i de publika delarna, som kan användas för att informera gästerna.

Sedan Wisby Strand öppnade har ett antal falska utrymningslarm samt utrymningsövningar förekommit. Efter en tveksam start är i dagsläget räddningstjänsten nöjd med de utrymningsövningar som genomförts.

### **3.5. Iakttagelser vid objektsbesök**

Vid besöket på Wisby Strand gjordes observationer på avvikelser i brandskyddet. Några påverkar simuleringarna vilket redovisas i kommande kapitel, andra ligger utanför valda scenarion. Dock har valet gjorts att redovisa samtliga större observationer i syfte att ge en bättre helhetsbild av objektet.

Brandcellsörrarna i trapphuset mellan kök plan 2 och kök plan 3 var uppställda med kilar liksom serveringsörrar mellan restaurang och kök plan 3. Även branddörrarna i östra utrymningsvägen från kongresshallen plan 2 var uppställda med kilar. Vid larm kommer inte dessa stängas utan brandgaser kommer utan svårigheter spridas mellan brandcellerna

Trapphus 3, som är en av kongresshallens nödutgångar, används som förvaring för en större mängd hopfällbara bord, se bild 3.6. Passage är möjlig men minsta bredd mellan bord och vägg är 1,5 meter.



*Bild 3.6 Förvaring av bord i trapphus 3, som även är en utrymningsväg.*

Kongresshallens östra nödutgång i markplan var vid besöket totalt blockerad av bardiskar vilka hade omöjliggjort utrymning. Vid upptäckt togs dock dessa genast bort och vid det andra besöket på objektet var nödutgången fortfarande fri. Dock förvarades det vid båda tillfällena brännbart material i form av spånskivor i utgången.

När kuberna är stängda hängs ett stort draperi på den vägg som avgränsar mot kongresshallen, se bild 3.7. Detta draperi blockerar en utrymningsdörr och medför begränsade möjligheter att utrymma kub 1 in till stora salen.

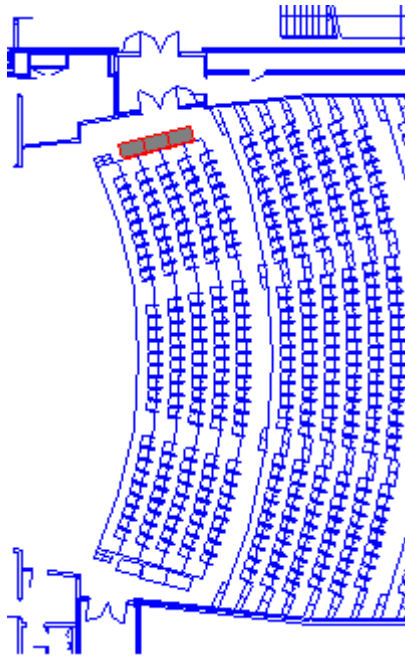


*Bild 3.7 Nödutrymningsväg från kub in till kongresshallen begränsas avsevärt av blockerande svart draperi.*

Dörren mellan de två konferensrummen på markplan i det nordvästra hörnet är låst. Detta innebär att endast en utrymningsväg finns från den ena lokalen då det inte går att öppna fönster och utrymma.

Vid ordinarie utgång på markplan från kongresshallen finns tre platser för funktionshindrade. På dessa platser står istället tre bord som kan nyttjas för att lägga fram föreläsningsmaterial med mera. På bild 3.8 visas att dessa kan skapa en flaskhals vid utrymning

Sammanfattningsvis finns det ett antal allvarliga brister som kan komma att påverka säkerheten. Det är därför av yttersta vikt att dessa åtgärdas och att personalen är väl medveten om vad det kan innebära att till exempel ställa upp brandcellsörrar eller blockera nödutgångar. Då Wisby Strand är en relativt ny anläggning torde det finnas goda möjligheter att implementera bra rutiner för en säkrare anläggning.



*Bild 3.8 Bordens placering vid västra utgången plan 2 i kongresshallen.*

## 4. Enkätundersökning

Under första besöket på Wisby Strand gjordes en enkätundersökning med personer ur den ordinarie personalstyrkan. Enkäten syftade till att utreda vilken utbildning personalen fått vad gäller utrymning, huruvida de har en speciell uppgift vid larm, hur säkra de känner sig på sin uppgift och hur de skulle ha agerat vid ett ev. larm. Tyvärr fanns bara sex personer som kunde delta på plats. Undersökningen blir därför inte representativ för samtliga anställda då också ett flertal tillfälliga arbetare finns på plats under större arrangemang. Enkäten finns att läsa i sin helhet i Bilaga H.

Med undantag för en relativt nyanställd person så har samtliga personer som svarade på enkäten fått utbildning i vilka rutiner som gäller vid larm, det finns dock vissa önskemål om en mer detaljerad beskrivning. Ingen av de tillfrågade har deltagit i någon utrymningsövning i skrivande stund men det har däremot förekommit falsklarm som givit tillfälle till övning. Med undantag för den nyanställda är samtliga väl förtrodda med hur larmet låter och dess talande meddelande.

Av enkäten att döma anser samtliga att det viktigaste vid ett larm är att hjälpa gästerna ut och visa dem till uppsamlingsplatsen i Almedalen. En del av de tillfrågade har detta som specifik uppgift vid larm men även de som inte har en tilldelad uppgift skriver att de hade hjälpt till med utrymningen. De flesta nämner även att de hade begett sig till centralapparaten för att se vad som orsakat larmet och vilken åtgärd som varit lämpligast. Det kan lätt bli en konflikt mellan att hjälpa gästerna ut samtidigt ta reda på larmorsaken, men en av enkätdeltagarna sammanfattar detta på ett bra sätt.

*”Mycket gäster - hjälpa till att få ut gäster.  
Då jag vet att det är lite folk i huset - undersöka varför  
larmet satt igång och stänga av larmet vid falsklarm.”*

Som en av de avslutande frågorna fick de gradera på en 6-gradig skala hur säkra de kände sig på sitt agerande vid ett eventuellt tillbud. 1 innebar mycket osäker och 6 mycket säker. Trots att de som svarat på enkäten verkar ha en god kunskap vad som gäller vid larm verkar det ändå finnas en viss osäkerhet. Medeltalet av svaren hamnade på 3,75 vilket kan anses lite lågt. En förklaring till att de som svarat känner sig lite osäkra på sitt agerande vid ett faktiskt larm skulle kunna vara att de inte haft möjlighet till en skarp övning. De teoretiska kunskaperna finns vilket ger anledning att tro att personalen skulle känna sig säkrare på sina utrymningsuppgifter om det gavs möjlighet till en praktisk övning. Detta är något som är inplanerat enligt Niklas Sjöblom, Managing Director, Wisby Strand.

## **5. Scenarier**

De scenarion som valts utgår från olika brandförlopp och kopplat till dem utrymningsalternativ som varierar beroende på vilken verksamhet som pågår i objektet. I samtliga scenarion antas objektet innehålla max antal tillåtna gäster om inget annat sägs.

Inledningsvis brainstormades förutsättningslöst olika scenarier fram. Diskussion fördes kring vad som skulle kunna tänkas brinna och vilken påverkan detta kunde ge för olika utrymningsförlopp. Därefter efter sammanställdes de olika tänkbara scenarierna i en bedömningsmall (se Bilaga A). I denna viktades olika parametrar så som brandbelastning, detektion och sprinklerverkan med flera, i syfte att bedöma konsekvens och sannolikhet för respektive scenario. Slutligen valdes de scenarion som antogs ge störst påverkan på människor.

### **5.1. Framtagning av scenarier**

Vid valet mellan olika tänkta scenarion har konsekvens varit den tyngsta faktorn. En brand i garderob alternativ soffgrupp under pågående middag, eller scenbrand i kongresshallen då den är fullsatt, gör att rökutveckling sker i det utrymme där många personer vistas. Därför har den typen av scenarion valts framför bränder i de icke publika utrymnena.

Flera av de bortvalda scenarierna innebär även brand i samma utrymme som personer vistas i. En del av dem, som brand i kök eller kontor har dock valts bort då de i det tidiga skedet berör mindre mängd personer som även bedöms ha bättre lokalkännedom än de gäster som vistas i de publika delarna.

I kongresshallen har scenen bedömts som den plats som ger störst konsekvenser vid utrymning. Detta beroende på att olika rekvisita och kulisser på scenen gör den till den plats i brandcellen där den snabbaste brandspridningen kan ske. Risken finns även att den kan blockera någon av nödutgångarna närmst scenen. I andra utrymmen i samma brandcell, som till exempel ljud och ljuskontrollen, bedöms inte branden kunna få ett lika snabbt förlopp på grund av sprinkler samt att den i det tidiga skedet avgränsas av dörrar och väggar.

Ett intressant scenario som valts bort är en brand i trapphus 3. Likt branden i Makedonska föreningen i Göteborg 1998 förvaras en större mängd brännbart material i utrymningsvägen. Skillnaden här är att utrymmet är sprinklat vilket skulle dämpa branden samt aktivera utrymningslarmet. Kongresshallen har även en mycket större takhöjd vilket omöjliggör ett brandförlopp likt det i Göteborg där dörr till utrymningsväg öppnades och kritiska förhållanden snabbt uppstod i angränsande samlingslokal.

Utställningslokalen på plan 2 under bankettsalen har även beaktats som scenario. Brandbelastningen varierar med olika utställningar och risken finns att en framtida installation blockerar sprinkler. Dock valdes detta scenario bort till förmån för brand i en soffa i bankettsalens bar. Vid brand i utställning på plan 2 finns goda utrymningsmöjligheter till det fria och även de som vistas i bankettsalen har utrymningsmöjligheter till uteservering och entré. Situationen bedöms värre om en soffgrupp i bankettsal antänder då dess placering kommer att hindra utrymning via uteserveringen för huvuddelen av gästerna.



## **5.2. Valda scenarier**

Utifrån genomförd bedömning av samtliga scenarier valdes fyra scenarion. Urvalsprocessen beskrivs i Bilaga A och scenarierna beskrivs mer ingående i det kommande kapitlet.

- Brand i garderob med gäster i bankettsalen och utställningshallen.
- Brand i barsoffa med gäster i bankettsalen.
- Brand på scen med gäster i kongresshallen, kuberna öppna.
- Brand på scen med gäster i kongresshallen, kuberna stängda.

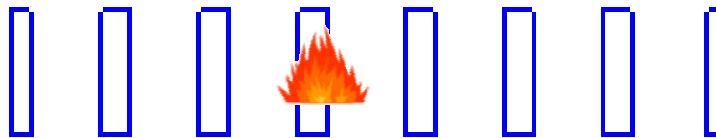
Då brandbelastningen på scenen kan variera mycket beroende på olika evenemang har tre potentiella bränder valts ut. Syftet med detta är att se hur stor brand lokalen klarar utan att möjligheten till en säker utrymning äventyras.

## 6. Brandförlopp

För att få en bild av hur brandförloppet blir behövs en effekt för branden tas fram. Effekten kommer att variera kraftigt över tiden då mängden bränsle som är involverat varierar. För att få en så bra bild som möjligt av en brand vid de valda scenarierna har fakta från olika försök använts och modifierats för att ge rimliga resultat.

### 6.1. Brand i garderob

Garderoben består av sex klädrack med vardera två ledstänger för upphängning och två rack längst ut med endast en ledstäng vardera, se bild 6.1. Max antal som får vistas i objektet är 1300 personer, men högsta antalet som samtidigt får vistas i kongresshallen eller bankettsalen är 1000 personer. Därav är det inte troligt att mängden jackor i garderoben kommer vara mycket över 1000 stycken. Vid besök på Wisby Strand noterades att en större mängd packningar förvaras i garderoben på hatthyllorna. Dessa kommer vid brand skydda jackorna från sprinklern (se bild 6.2 samt bild 6.3) men bedöms bli så pass blöta att de ej i någon större grad kommer delta i branden. För att kompensera för de få packningar som trots allt kommer att brinna sätts mängden jackor till i garderoben till 1120 stycken, det vill säga 160 jackor per rack och 80 stycken på de yttersta racken.



*Bild 6.1 Garderoben sedd från ovan med brandstart i mittersta racket*



*Bild 6.2 Garderoben med packningar på hatthyllan.*

Galgarna som används är av trä och således kommer jackor att hänga kvar längre tid vid brand och bidra till snabbare brandförlopp än om plastgalgar som smälter använts.

Möjliga antändningskällor kan vara ljus som placerats olyckligt eller gäster som lagt varma eller glödande föremål i sina jackor. Anlagd brand kan även vara en möjlig tändkälla då garderoben passeras av många personer och är lätt tillgänglig från utsidan. Värsta scenariot är om branden uppstår i mittersta klädrocket och sedan sprider sig jämnt och övriga rack antänds efterhand. Studier av bildsekvenser från tidigare försök visar att flammorna är som störst efter ca två minuter (Kangedal, Nilsson 2002, Johansson 2004). Detta ligger till grund för beräkning av strålning som i sin tur visar att strålningsnivåerna är tillräckliga för att antända intilliggande rack. Därför bedöms närliggande rack antändas senast två minuter efter brandstart (se Bilaga B).

### **6.1.1. Effektutveckling**

Hundra jackor som eldas i container ger en maximal effekt på 4,1 MW (Johansson, 2004). Två jackor som eldas i det fria ger en effekt på 0,08 - 0,12 MW (Kangedal, Nilssons 2002). Effekten varierar då jackorna i det senare försöket faller till marken på grund av att plastgalgarna smälter. Väl på marken får branden förnyad fart och stiger till 0,12 MW. I objektets garderob används trägalgar som håller uppe plagget, varför en maximal effekt på 0,1 MW anses som rimlig för två jackor.

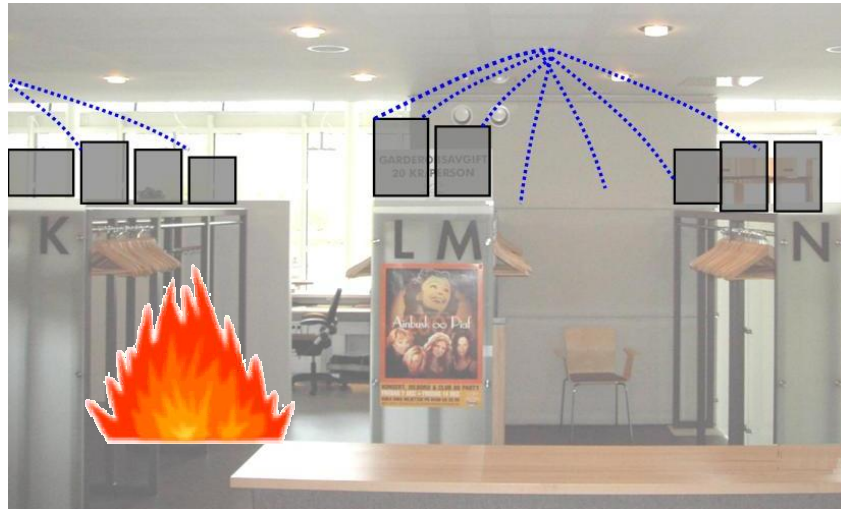
Vid uppskalning av 2 jackor (baserat på 0,1 MW) till 100 stycken (50 frihängande paket om 2 jackor) nås en maximal effekt på 5 MW. Ställt i relation mot Johansson finner man att uppskalningen av Kangedal/Nilssons försök ger 20 % högre effekt. Johansson genomförde dessutom sitt försök i en container där återstrålningen förmodligen var kraftig, varför ett antagande görs att en nerskalning av Kangedal/Nilssons sammanslagna värden med 40 % borde vara mer rimlig. Således fås en maximal effekt för 100 jackor till 3 MW.

Ett rack innehåller 160 jackor, men för att få fram maximal effekten kan inte värdet för 100 jackor tas gånger 1,6. Racken innehåller två parallella stänger om vardera 80 stycken, således förändras geometrin och brandspridningen blir annorlunda än om alla hade hängt i en lång rad. Spridning kommer att ske mellan de två stängerna men de bedöms inte nå maximal effekt samtidigt. När ena halvan av racket når maximal effekt bedöms den andra bara brinna till 50 %. Vidare bedöms den maximala effekten för 80 jackor vara 80 % av 100 st. Således blir den maximala effekten för 160 jackor:

$$\dot{Q}_{\max,160\text{ jackor}} = 0,8 \cdot (3MW \cdot 0,5 + 3MW) \Rightarrow \dot{Q}_{\max,160\text{ jackor}} = 3,6MW$$

Tillväxten bedöms som lägre än den för Johanssons och Kangedal/Nilssons försök. I det första medförde förmodligen återstrålningen snabbare tillväxt, medan i det senare med två jackor ger snabbare tillväxt än om de två jackorna hängt i en full garderob. Detta eftersom två jackor har tillgång till luft från alla håll. Tillväxthastigheten väljs baserat på ovanstående resonemang till en ultrafast  $\alpha^2$ , vilket är långsammare än de båda försöken.

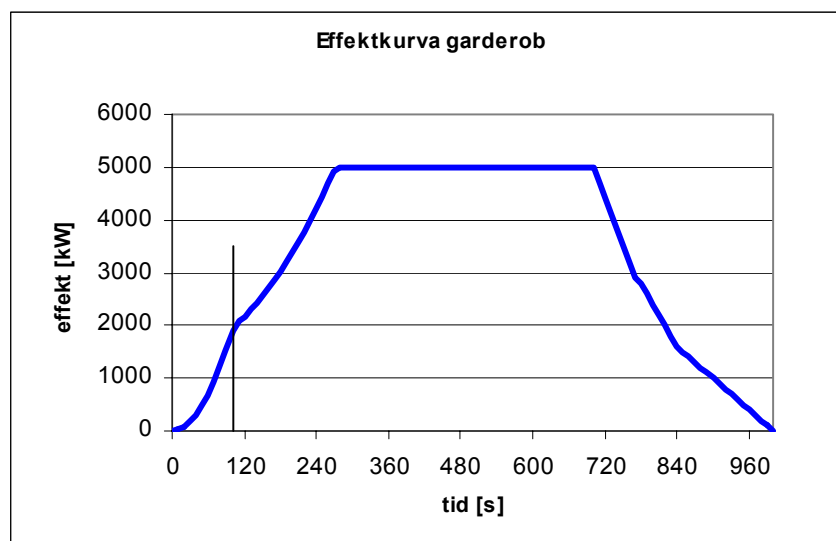
Effektkurvan för 160 jackor anpassas så att effekten motsvarar 80% av en dubbling av Johanssons försök för 100 jackor. I Bilaga B presenteras diagram för de olika effektutvecklingar som använts vid konstruktionen av effektkurvan för garderoben.



*Bild 6.3 Sprinklerna har begränsad verknig då de avskärmas av packningar på hatthyllorna.*

Sprinklern aktiveras efter cirka 100 s enligt beräkningsprogrammet DetactT2, se Bilaga B, men dess verkan begränsas kraftigt av att hatthyllorna används av packningar och verkar som paraplyer över branden. Racken kommer även att utgöra vertikala väggar och begränsa sprinklerverkan ytterligare. Sprinklerna i garderoben hindrar branden från att utvecklas fullt men får svårigheter att begränsa spridning av branden. Mycket material kommer inte nå av vattnet och redan brinnande plagg kommer nås av för lite släckvatten. Branden bedöms fortsätta sprida sig i garderoben även efter sprinkleraktivering. De blöta packningarna kommer inte att börja brinna men jackorna brinner upp.

Effektkurvan påverkas av sprinkleraktiveringen genom att tillväxten bromsas, från en ultrafast till en fast kurva, innan den stannar på 5 MW. Utifrån tidigare nämnda skäl bedöms en brandbelastning på drygt ett rack kunna utvecklas över tiden även när sprinklern verkar. Energmängden för den sprinklade effektkurvan antas något mindre än den teoretiska effektkurvan för garderobsbranden då viss mängd av materialet kommer blötas ned, se diagram B.1 i Bilaga B.



*Diagram 6.1 Effektkurva garderob. Sprinkleraktivering efter 100 s markerad.*

## **6.2. Brand i barsoffa**

I baren finns ett antal soffgrupper. Var soffgrupp består av två soffor med ett avstånd av ca 1,5 meter mellan varandra. Vidare hänger ett stort draperi strax bakom den ena soffan, se bild 6.4. Draperiet fungerar som en avskärmare då man vill skilja baren från bankettsalen. Då det inte tydligt kunnat klarläggas huruvida draperiet är brandskyddat eller ej antas det vara ett vanligt draperi. Scenariot grundar sig på att branden startar i en av de soffor som står närmst draperiet. Rummet är sprinklat men de översta 2 metrarna av draperiet bedöms ej skyddas av sprinklern då sprinklern ej når så högt, se Bilaga B



*Bild 6.4 Soffornas placering i bardelen plan 3. Notera hur avståndet från draperiet kan variera mellan olika tillfällen.*

### **6.2.1. Effektutveckling**

Försök för bränder i soffor har gjorts vid ett flertal tillfällen, bland annat av National Institute of Standards and Technology (NIST). Eftersom deras försök finns väl dokumenterat med en bildsekvens på händelseförloppet samt tillhörande effektutveckling, valdes denna för framtagning av effektutvecklingen i branden. Det tar ungefär 50 sekunder för branden att ta fart, därefter växer den till en maximal effekt på ca 3,5 MW. Dock antas inte den aktuella branden nå en lika hög effekt då sprinklersystemet dämpar branden. Handberäkningar av strålningseffekten samt uppskattningar av sprinklerns effekt visar att den andra soffan inte kommer att antändas av branden (se Bilaga B).

Bakom soffan hänger ett draperi från taket ner till golvet. Detta kommer sannolikt att antändas relativt snart efter att branden i soffan startat. Avståndet mellan soffa och draperi varierar med möbleringen, se bild 6.4. Vidare kommer soffans ryggstöd initialt skydda gardinen från antändning. Med hjälp av en bildsekvens från branden nedan uppskattades vid vilken tidpunkt

flammorna var tillräckligt stora för att antända draperiet. Detta resulterade i en tid på 120 sekunder, se bild 6.5.



*Bild 6.5 Soffa efter ca 120 s. (NIST)*

Resultat finns från försök med gardiner med måtten 3x3 meter (Särdqvist 1993). Dessa visar att effektutvecklingen är mycket snabb och att maxeffekten hamnar mellan 0,5-1 MW beroende på material. Draperiet har de ungefärliga måtten 4,5x15 meter vilket borde ge en större maxeffekt. Samtidigt kommer sprinklersystemet att begränsa branden. Eftersom tyget hänger från taket bedöms det att sprinklern inte kommer att nå de översta två metrarna som därmed kan brinna fritt, se Bilaga B. Gardinerna i Särdqvists försök var ihopdragna till en meters bredd. Det elva meter breda draperiet i bankettsalen är mera utsträckt och bedöms motsvara 5,5 stycken intill varandra hängande försöksgardiner. I rapporten *Survey of small-scale flame spread test results of modern fabrics* visas en flamspridning på 10-20 mm/s i textilier. Testet avsåg vertikal flamspridning på plant tyg vilket ger snabbare spridning än horisontell. Men eftersom draperiet i baren är veckat antas flamspridningen gå fortare än normalt i horisontellt led på grund av större återstrålning mellan vecken. Brandens spridning i sidled uppskattas därför till ca 20 mm/s.

Beräkningar i DetactT2 visar att sprinklern kommer aktiveras efter ungefär 200 sekunder. (Se Bilaga B) Då har branden i soffan nått en effekt på ca 1,3 MW. Branden i en osprinklad soffa når sin maxeffekt efter ungefär 400 sekunder och avtar sedan. Den sprinklade soffan kommer att brinna med en lägre effekt än den osprinklade, men eftersom den mängd energi som bränderna avger är i stort sett lika kommer den sprinklade soffan brinna under längre tid. Denna tid uppskattades till 660 sekunder genom bedömning av areorna i graferna (se Bilaga B), vilket ger ungefär samma mängd frigjord energi som en osprinklad soffa.

Bedömningen blir att branden i soffan utvecklas enligt värden från försöket i 200 sekunder, då sprinklern aktiveras. Därefter hålls effekten konstant i ca 440 sekunder för att sedan brinna ut. Branden i draperiet startar 120 sekunder efter antändning i soffan och ökar med en  $\alpha^2$ -kurva med ett  $\alpha$ -värde på 0,19, vilket motsvarar en ultra fast utveckling upp till ca 1 MW. Då brinner uppskattningsvis två meters bredd av skynket bakom soffan. Därefter sprids branden i sidled i den övre delen som sprinklern ej når med 20 mm/s över till den andra väggen. Effekten i draperiet under spridningen i sidled uppskattas ligga konstant på 0,5 MW, vilket skulle motsvara en halv gardin från Särdqvist försök och pågå i ca 550 sekunder.

Den totala effektkurvan för hela brandförloppet togs fram genom att addera de olika förloppen som beskrivits ovan (se Bilaga B).

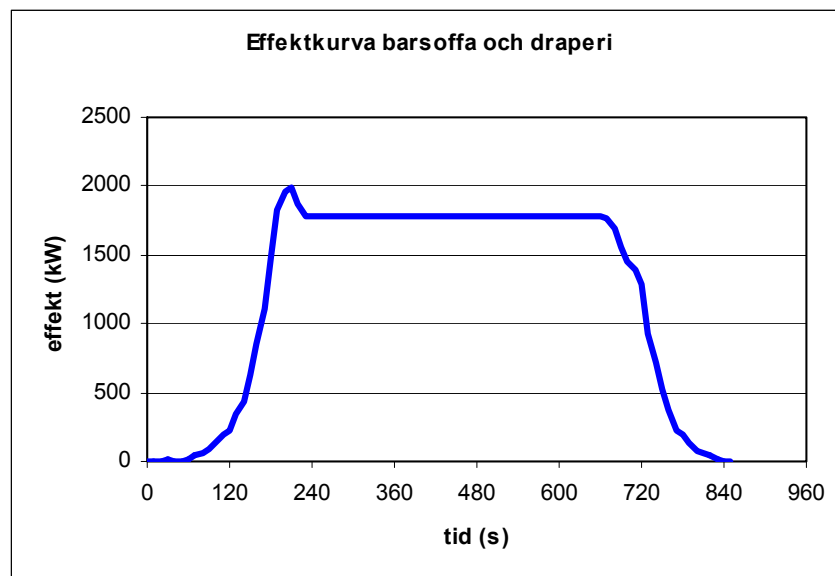


Diagram 6.2 Effektkurva för barsoffa med draperi.

### **6.3. Brand på scenen**

Då scendukningen kan variera har tre olika brandhärddar valts i syfte att täcka in ett brett spann av effekttutvecklingar. Wisby Strand gör reklam via sin hemsida att kunden kan ta in en bil på scenen om hon vill. Därför har detta valts som en brandbelastning. Som andra alternativ har en soffgrupp valts och som sista alternativ en brand då utrymmet bakom scenen används som förrådsutrymme.

Scenen är utrustad med manuellt aktiverad sprinkler. Sprinklerhuvudena är placerade i taket på ca 13 meters höjd och skymms till stor del av bärverk, sceninstallationer samt stora akustikskärmar. Vattnet från sprinklerna kommer att störas mycket och troligen falla likt vattenfall ner på scenen. Träffytan blir således mycket liten. På grund av detta bedöms sprinklernas verkan som tveksam och därför påverkas inte brandförloppet och således ej heller effektkurvorna. Samtliga bränder är placerade på den del av scenen där takhöjden är 13 meter.

#### **6.3.1. Effekttutveckling**

Effektkurva för den första brandhärden med en brinnande bil är hämtad från SFPE-handboken, modell Citroën BX, se bild 6.6. Det finns ingen omfattande dokumentation på brinnande bilar men de källor som finns att uppbringa påvisar en maxeffekt mellan 2 - 4 MW. Valet blev en bil med det högre värdet.



Bild 6.6 Citroën BX (Citroën)

Den andra brandhärden är en soffgrupp mitt på scenen, likt en talkshow eller paneldebatt, se bild 6.7. Sofforna antas stå i vinkel med ett bord emellan sig, med till exempel ett ljus som faller ner i ena soffan som antänder. Då sofforna står tätt antas att den andra soffan tänder genom sticklågor efter ca 60 s baserat på flammornas storlek (Bilaga B).

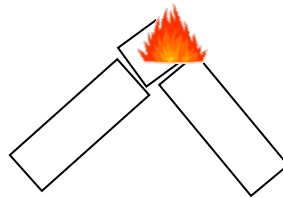


Bild 6.7 Soffgruppens uppställning sedd uppifrån

Den tredje brandhärden utgår från att utrymmet bakom scen används som förvaringsutrymme. I nuläget är så inte fallet, men vid besöket på objektet noterades att de har brist på förvaringsutrymme. Utrymmen som ej är avsedda för förvaring, som till exempel trapphus, används i dagsläget som förråd. Då det på scenen finns stora oanvända ytor är det sannolikt att utrymmet på sikt kommer användas som förvaring av såväl scenmaterial som övrig material som behöver ställas undan.

En uppskattad framtida brandhärd är ovan nämnda två soffor samt annat möblemang, i vårt scenario approximerat med fem högar à fem stycken lastpallar, se bild 6.8. Dessa lastpallar skulle till exempel kunna motsvara den mängd bord som i dagsläget förvaras trapphus 3.

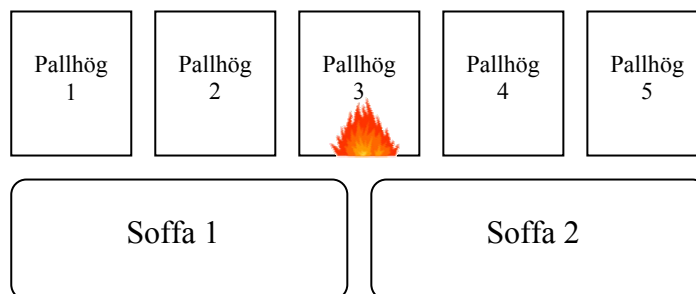


Bild 6.8 Förvaringens placering sedd uppifrån



Effektkurvan för en brand i förvaringen startar med brand i pallhög 3. Efter tre minuter sprider sig branden till sofforna och ytterligare två pallhögar (hög 2 och 4). Efter sex minuter antänds de två sista pallhögarna. Tiderna bygger på bilder från försök med lastpallar som visar på att mellan två och fyra minuter är branden så pass utvecklad att spridning sker på grund av flamspridning (Bilaga B).

Effektkurvorna för dessa tre alternativ redovisas nedan.

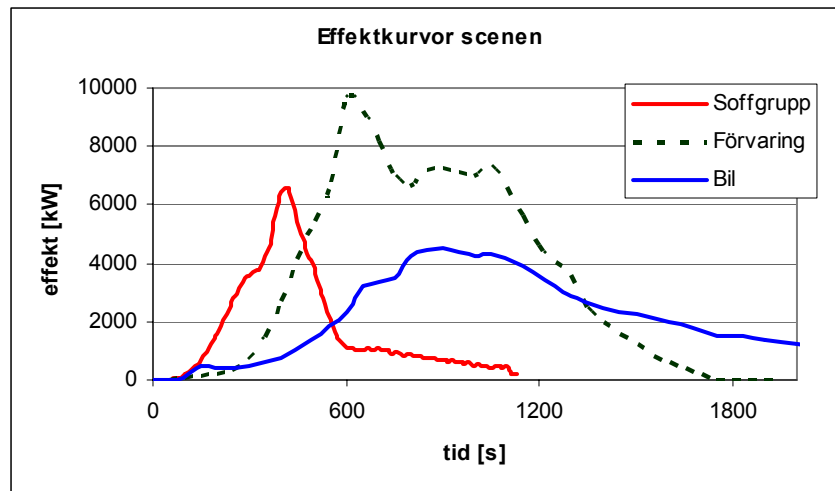


Diagram 6.3 Effektkurvor för olika bränder på scen

## **7. Simulering av utrymning**

Detta kapitel omfattar utrymningssimulering. Först beskrivs teorierna bakom människors beteende vid utrymning samt simuleringssprogrammet Simulex för- och nackdelar. Därefter avhandlas genomförda simuleringar för Wisby Strand, hur de genomförts och hur resultaten ser ut. Samtliga scenarion omfattar enbart de publika delarna.

Efter genomförda simuleringar i CFAST avseende brandgasspridning (kapitel 8) har de i Simulex antagna reaktionstidernas rimlighet kontrollerats. Ingen av tiderna innebär att personer reagerar efter att de utsatts för brandgasspridningen.

Detaljer för simuleringarnas in- och utdata återfinns i Bilaga C- Simulex indata respektive Bilaga D - Simulex utdata. Måtten på utgångar redovisas i översiktsritningarna, Bilaga I.

### **7.1. Människors beteende vid utrymning**

Utrymningsförloppet kan delas in i tre olika faser, varseblivningsfas, beslut och reaktionsfas samt förflyttningsfas. (föreläsning Nilsson 2007) Först måste personen bli varse om att något hänt, antingen genom att själv upptäcka branden eller röken, eller genom att bli varskodd via någon annan eller ett larm. Därefter måste personen reagera på fakta och ta ett beslut om vad som är lämpligt att göra, vilken utgång som är lämplig att använda med mera. Efter att personen tagit ett beslut om åtgärd återstår en förflyttning till säker plats, vanligen en återsamlingsplats för större byggnader.

För att beskriva den tid det tar att utrymma brukar följande formel användas:

$$\text{Utrymningstid} = \text{varseblivning} + \text{besluts- och reaktionstid} + \text{gångtid}$$

Hur människor reagerar och utrymmer påverkas mycket av vad andra personer i samma situation gör, vilket har visats i flera försök (föreläsning Frantzich 2007). Om till exempel en konferens pågår och alla har sin uppmärksamhet riktad mot föredragshållaren får denne stor betydelse för förloppet. Om inte föredragshållaren reagerar på till exempel ett larm kommer flertalet dra sig för att resa sig och gå ut. Människor följer de sociala relationer som finns även vid en utrymning.

Hur mycket man investerat i den situation man befinner sig i före en utrymning påverkar också. Om man till exempel precis skall till att börja äta mat man beställt är man mindre benägen att påbörja en utrymning än om man precis ställt sig sist i kön (Brandskyddshandboken). Känner man inte allvaret och har investerat mycket i situationen är man mer restriktiv till att påbörja utrymning.

Besluts- och reaktionstiden påverkas mycket av hur larmet är utformat. Informativa meddelanden ger generellt kortare tider än enklare larmsignaler. Till exempel vid utrymning av ett varuhus med ringklocka som larm blev besluts och reaktionstiden på 3 min 30 s medan motsvarande tid för ett informativt talat meddelande blev 1 min, (Frantzich 2001). Informativa larm kan vara talade larmmeddelanden men även ljud och ljussignaler där till

exempel en skylt finns under signaldonet som informerar om utrymning. Genom att personen får information om vad som hänt blir det lättare att fatta ett beslut om att utrymma.

Panik i utrymningsituationer är sällsynt. Om enstaka personer börjar få tendenser till panik är ofta reaktionen från andra att försöka lugna dem än att dras med. Först vid överhängande akut livsfara börjar människor få panik (Frantzich 2007, föreläsning).

Människor väljer att utrymma genom samma väg som de kom in om byggnaden är okänd. Man är mindre benägen att välja en ny utgång om det går att välja samma väg ut som man kom in (Brandskyddshandboken).

### **7.1.1. Gäster med funktionshinder**

I kongresshallen finns ett antal platser för funktionshindrade vilka är belägna på plan 3. Inga krav finns från Boverket på speciella åtgärder för funktionshindrade. Normalt används hissarna i entréhallen för att ta sig upp till plan 3 men vid brand kan inte dessa användas för utrymning. Vid brand är dessa gäster beroende av att andra hjälper dem att utrymma. Antingen bärs de ner för trappor av andra gäster eller så får de utrymma till annan brandcell och där invänta assistans från räddningstjänsten. (Brandskyddshandboken).

Då möjligheterna att simulera en utrymning med funktionshindrade gäster är begränsad har inte sådana utförts till fullo. Hänsyn till funktionshindrade har tagits genom att ett antal personer vid simuleringarna har givits en lägre gånghastighet. Det bör finnas en medvetenhet hos personalen att vid arrangemang med en större andel funktionshindrade gäster kan en utrymning bli problematisk. Det är därför viktigt att dessa gäster placeras så att en utrymning kan ske så smidigt som möjligt och att personalen är medveten om vilka gäster som kan komma att behöva särskild assistans.

## **7.2. Simulex**

Simulex används till att simulera utrymningsförlopp från byggnader och utrymningsprocessen visas grafiskt. De olika våningsplanen hämtas från CAD-ritningar medan trapporna mellan planen skapas direkt i Simulex.

Simuleringen innefattar förflyttningstiden och fram till dess att hela byggnaden är utrymd. Reaktions- och beslutstiden samt förflyttningshastigheten kan varieras beroende på egenskaperna hos de personer som befinner sig i byggnaden. Det går även att styra vilka utrymningsvägar som personerna i fråga ska använda sig av men om ingen specifik utgång är vald eller det finns fler att välja på går personen till närmaste utgång.

Problem som kan tänkas uppstå är att personer krockar, dvs. två personers väg kolliderar och ingen går åt sidan. Liknande situationer kan uppstå i trapphus då personer fastnar och helt enkelt inte kommer vidare. Vidare inser inte personer som kommer till en dörr med köbildning att det kan finnas andra utrymningsalternativ i närheten som inte är blockerade. En person i Simulex tänker inte logiskt utan följer blint kortaste vägen.

Personernas vilja att ta närmsta vägen medför även begränsningar då de skall genomföra skarpa svängar. De trängs runt hörnet och individer tar inte större svängar för att komma snabbare fram likt en person hade gjort i verkligheten.

Det finns även begränsningar med programmet såsom att utrymningen förutsätts ske under lugna förhållanden, utan att personerna drabbas av panik eller oro. Det tas heller ingen hänsyn till nedsatta siktförhållanden, höga temperaturer eller produktion av giftiga gaser.

### **7.3. Gäster i bankettsalen**

Då Wisby Strand nyttjas som festlokal för större middagar finns kapacitet att duka för 1000 sittande gäster. Sjuhundra av dessa sitter då i bankettsalen på plan 3 medan 300 sitter i utställningslokalen på plan 2, se bild 7.1.

Vid simuleringarna av utrymning av bankettsalen är hela salen dukad vid garderobsband. För scenariot med brand i barsoffa är bankettsalens södra del avdelad med draperi. Dukningen består i båda fallen av långbord vända ut mot havet med 22 respektive 26 sittande per bord. De kortare borden är placerade i den smalare delen av lokalen vid trappan. Gästerna är vuxna personer i arbetsför ålder med full mobilitet.

Vid bedömning av reaktionstiderna har tagits i beaktande att fest pågår. Gästerna har inte sin uppmärksamhet riktad åt ett samlat håll utan är upptagna med konversationer eller dylikt vid respektive bord. Således blir folkmassans reaktion utspridd och det uppstår ingen situation där alla reser sig samtidigt.

Vissa individer i Simulex kommer att reagera tidigt men hindras att passera ut av andra som ännu inte reagerat. Detta är dock ett medvetet val vid simuleringarna och bedöms motsvara ett verkligt förlopp där personer vill ut men inte kan på grund av att andra ännu ej rest sig, håller på att plocka ihop sina saker eller dylikt.

#### **7.3.1. Brand i garderob**

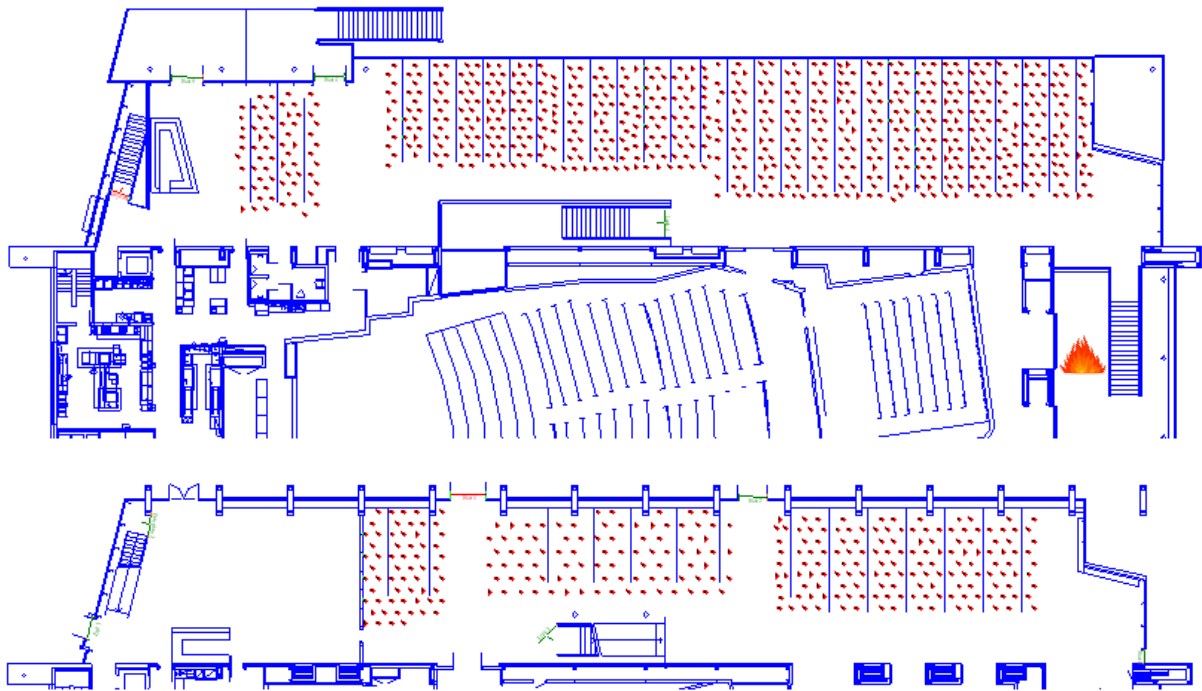
Reaktionerna startar först då larmet går på grund av sprinkleraktivering i garderoben efter cirka 1 min 40 s. Anledning till detta är att ingen av gästerna bedöms se branden i dess tidiga skede då de befinner sig i bankettsalen. De som sitter längst norrut i bankettsalen samt de på plan 2 bedöms vid larmet upptäcka rökutvecklingen och därför reagera snabbare än övriga och påbörjar utrymning efter cirka 2 min 10 s. Fest pågår vilket fördröjer reaktionstiden för övriga gäster, men å andra sidan kommer de som reagerat först utrymma förbi dem vilket kommer påverka deras reaktions- och beslutstid till det snabbare. Övriga gäster bedöms därför påbörja utrymning cirka en minut efter larmet.

Samtliga rör sig bort från branden till närmsta utgång. Entréutgångarna är dock blockerade av branden och nyttjas inte. Ett 70-tal personer i mitten av sällskapet har i simuleringar en 40 sekunder längre reaktionstid och väljer att utrymma via uteserveringen plan 3 trots att trappan till plan 2 är närmast. Tidstillägget är för att kompensera för den vändning i utrymningsflödet

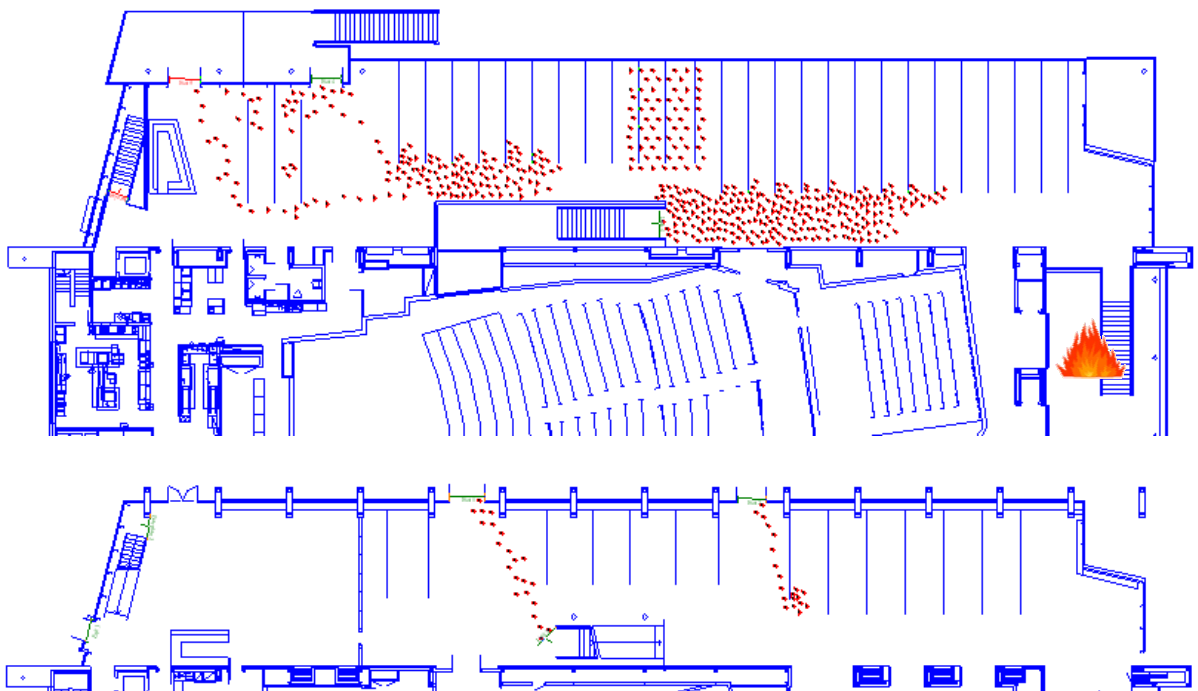
som troligen kommer ske då stor köbildning uppstår vid trappan till plan 2 medan övriga utgångar plan 3 är fria.

Simuleringarna ger att utrymningen av båda planen vid brand i garderoben tar knappt sju minuter. Plan 3 är utrymt efter knappt 6 min 30 s, flaskhalsen vid utrymningen är trappan ner till markplan mitt i bankettsalen (se bild 7.2). Trappan tvingas ta emot huvuddelen av gästerna då trappan ner till entrén spärras av branden.

De gäster som sitter på markplan utrymmer tämligen fort då de har tillgång till flera nödutgångar. Gästerna som utrymmer till uteserveringen plan 3 är ute efter drygt 5 min 30 s.



*Bild 7.1 Utrymningsförloppet 2 minuter efter brandstart i garderoben på plan 3 och plan 2, larmet håller på att talas ut.*



*Bild 7.2 Utrymningsförloppet 4 minuter efter brandstart vid brand i garderob.*

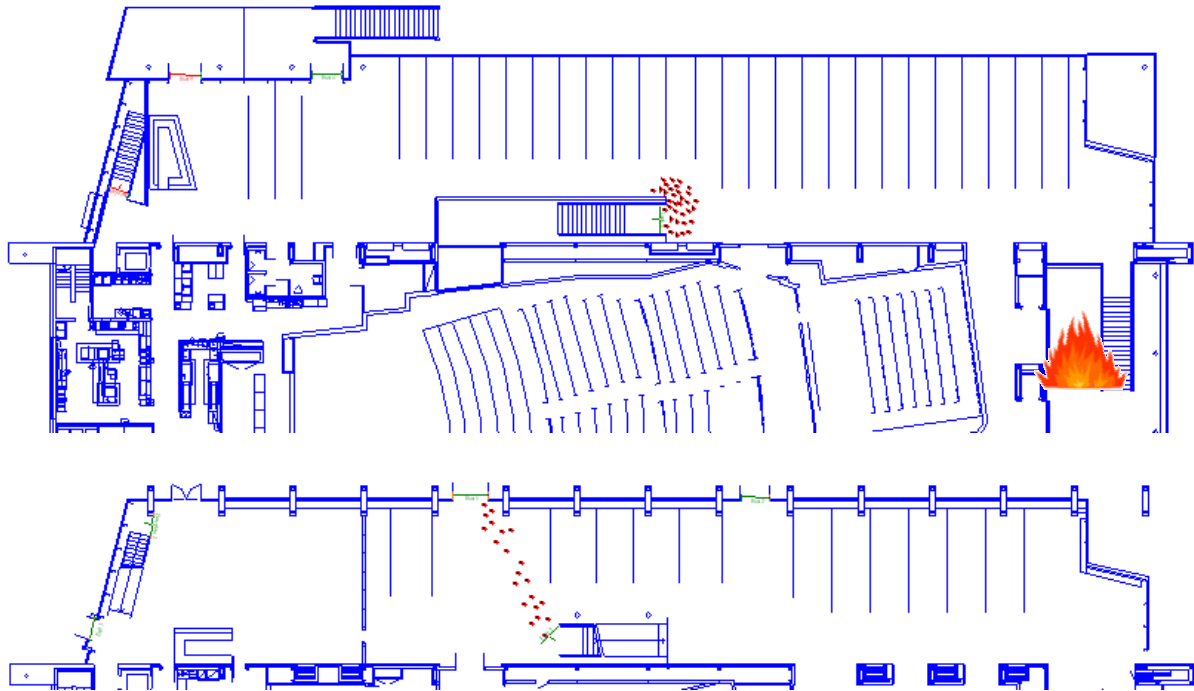


Bild 7.3 Utrymningsförloppet 6 minuter efter brandstart vid brand i garderob.

Efter simuleringarna gjorde en känslighetsanalys på om alla stod kvar i kön till trappan och inte ett 70 tal personer vänder likt i simuleringen. Analysen visade att tiden bara ökade med 20 s, således innebär det ingen stor påverkan på utrymningstiden, för detaljer se Bilaga D.

### **7.3.2. Brand i barsoffa**

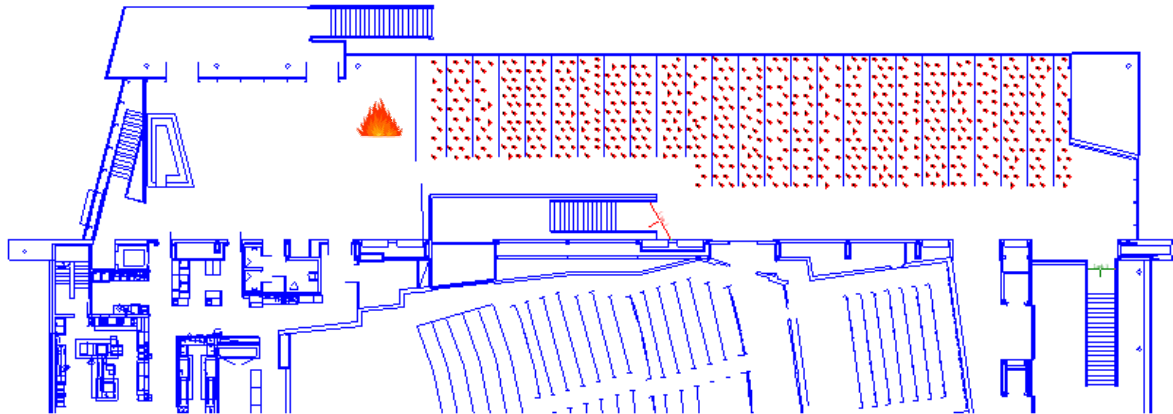
Vid brand i barsoffan på plan 3 är händelseförloppet på markplan av mindre vikt då det är en nivå under branden. Placering av gäster är identiskt med utrymning vid brand i garderoben med undantag av att ordinarie draperi är framdraget och inga gäster finns söder om detta. Antalet gäster blir då 600, se bild 7.4.

Reaktionsförloppet skiljer sig mer väsentligt. Branden startar i en soffa som är skydd för festdeltagarna. Först när branden efter två minuter sprider sig till draperiet blir några deltagare varse om branden vilket leder till att de reagerar inom 30 s. När branden får fäste i draperiet blir branden synlig för huvuddelen av gästerna och inom en minut bedöms hälften av dem ha reagerat. 3 min 20 s efter brandstart löser sprinklern ut och larmet aktiveras. Detta reagerar övriga gäster på och deras reaktionstid sätts till knappt fyra minuter efter brandstart (se Bilaga C).

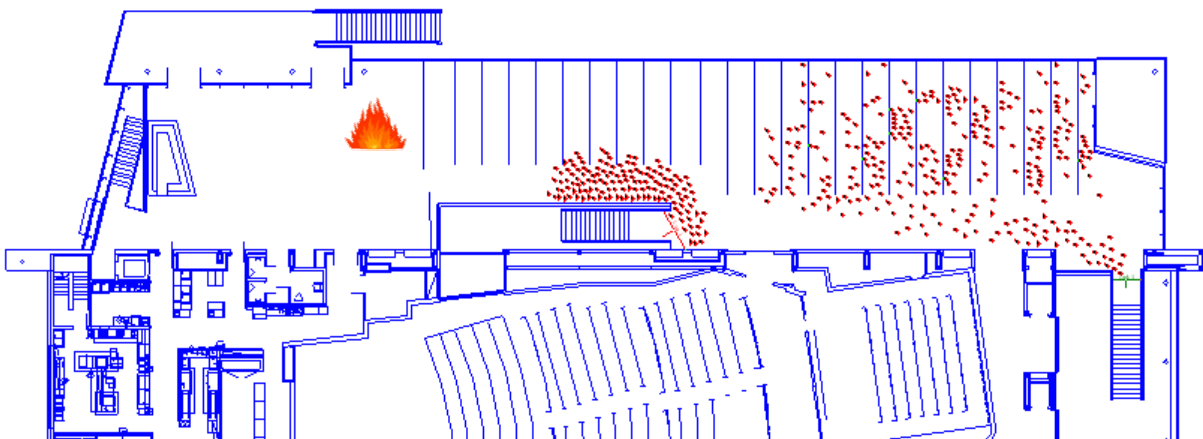
Samtliga gäster rör sig bort från branden. Den hälft av gästerna som reagerar först efter att larmet aktiveras rör sig mot huvudentrén, medan de som reagerar på branden rör sig mot närmsta utgång det vill säga trappan ner till plan 2 och utgångarna mot havet, se bild 7.5.

Simulex ger utrymningstiden 6 min 30 s efter brandstart för hela planet. Personerna som utrymmer via trappan till utställningshallen är borta från plan 3 efter 5 min 50 s. Slutet på kön till trappan till utställningshallen rör sig långsamt framåt då personer från mitten av lokalen kommer före i kön. Dessa tränger sig omedvetet före vilket är troligt även i ett riktigt

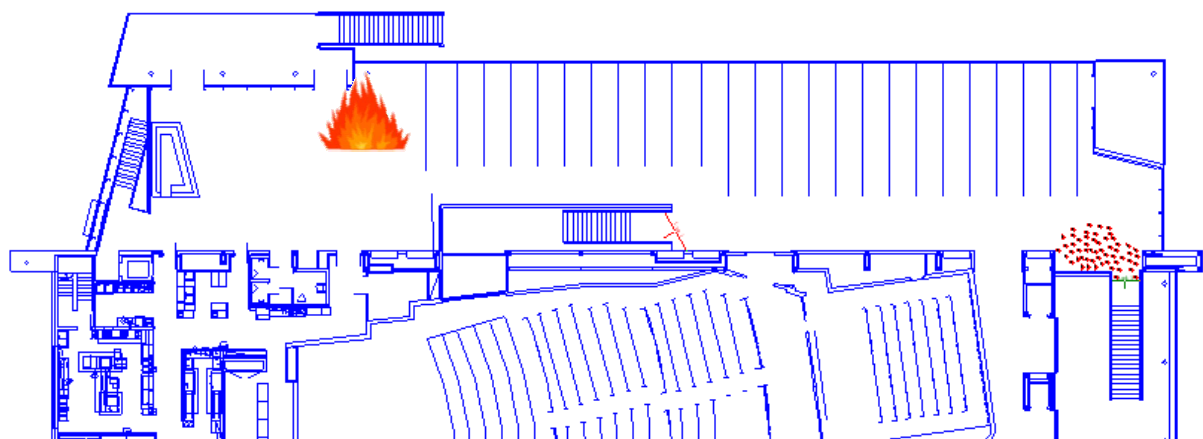
händelseförlopp. Således rör sig de personer som är närmst branden långsammare mot utgångarna än övriga.



*Bild 7.4 Utrymningsförloppet 2 minuter efter brandstart vid brand i barsoffa.*



*Bild 7.5 Utrymningsförloppet 4 minuter efter brandstart vid brand i barsoffa.*



*Bild 7.6 Utrymningsförloppet 6 minuter efter brandstart vid brand i barsoffa.*



## **7.4. Gäster i kongresshallen**

Vid simulering av utrymning med gäster i kongresshall antas denna i samtliga fall vara fullsatt. Öppna kuber innebär 1021 personer i kongresshallen medan stängda kuber innebär 593 i huvudhallen respektive 105 i var kub.

26 av platserna i stora kongressalen är för funktionshindrade och personerna på dessa platser jämföras i simuleringarna med äldre personer (*elder* i Simulex). Detta medför att de har en lägre förflyttningshastighet än övriga gäster vid simulering.

Om inget annat nämns bygger reaktionstiderna i de olika scenarierna på principen att reaktionen går som en våg bakåt i lokalen. Personerna tenderar att vänta på att de i raden framför reagerar.

### **7.4.1. Brand på scen - kuber öppna**

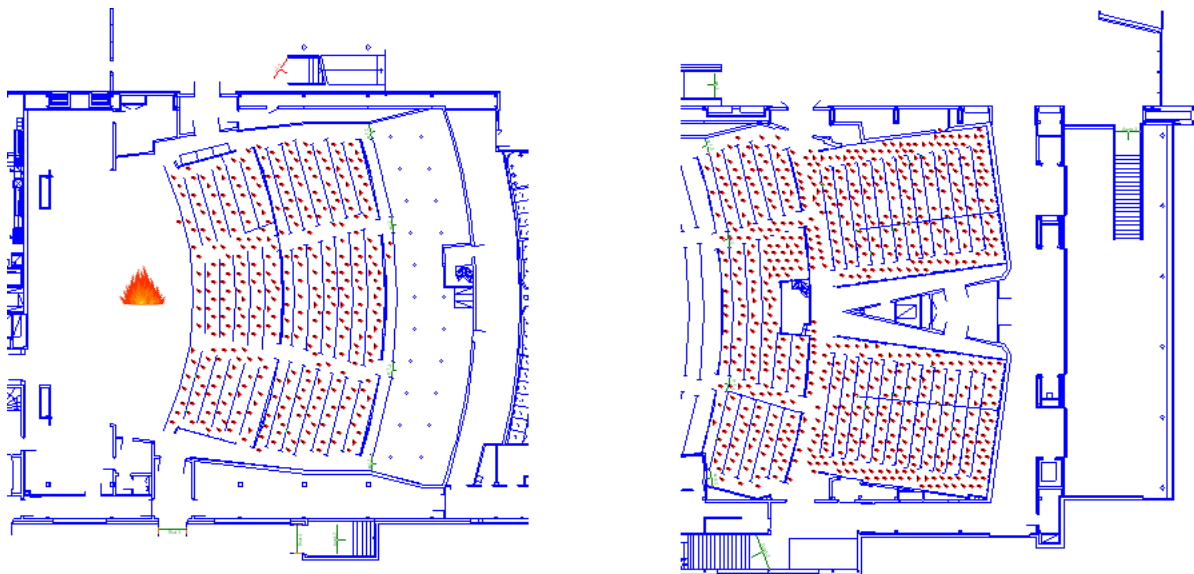
I detta scenario antas kongresshallen vara fullsatt och samtliga 26 rullstolsplatser används. I lokalen finns vid simuleringarna 1021 personer. Starten på utrymningen antas vara när branden blivit så stor så att den inte bedöms vara hanterbar för personerna på scenen. Denna storlek på brand har uppskattats till ca 200 kW se bild 7.7. Detta ger tiden till okontrollerat för de olika brandförloppen - bil 2 min, soffgrupp 1 min 50 s samt förvaring 3 min 20 s.



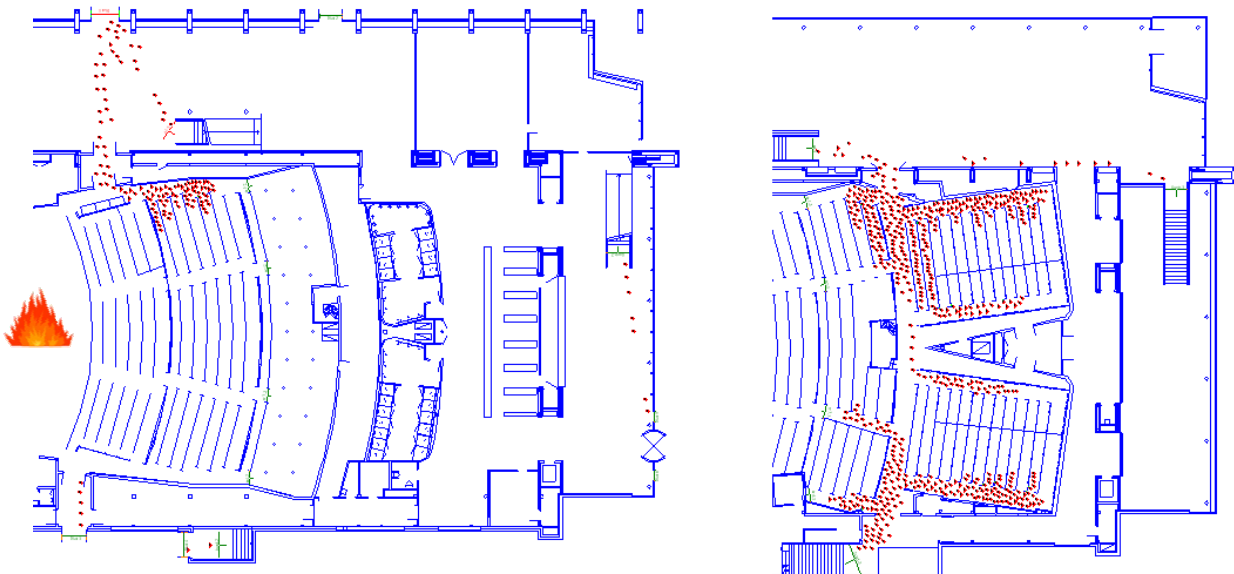
*Bild 7.7 Soffa vid ca 200 kW (NIST).*

Då utrymningen startar reagerar personerna längst fram först och de påbörjar utrymningen. Därefter påbörjar efterhand de övriga personerna utrymningen och ca 1 min 20 s efter den första personen antas den sista ha reagerat. De två sektionerna närmast scenen utrymmer via de nedre utgångarna på var sida om scenen. Betydligt fler antas använda den västra utgången mot utställningshallen då det var där de kom in i lokalen. Den övre sektionen samt de båda kuberna antas utrymma via de övre utgångarna (plan 3). Även här har hänsyn tagits till att människor tenderar att utrymma genom den utgång de kom in genom. Utgången mellan kuberna används inte då det är tveksamt om gäster kommer känna till dem samt att de inte heller är tänkta som nödutgångar då kuberna är öppna och gradängerna framdragna.

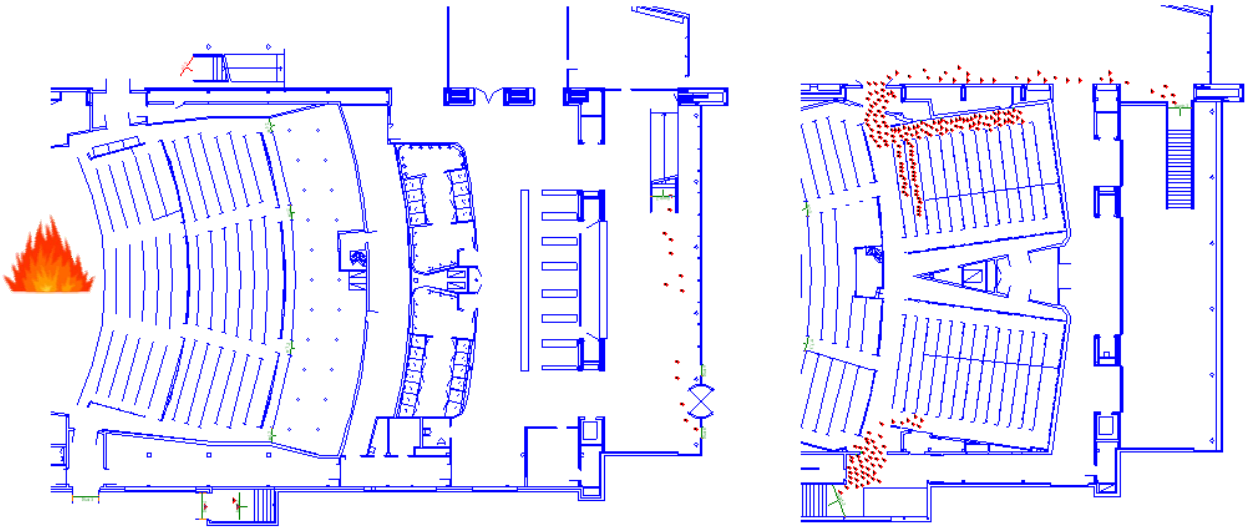
Från det att branden upplevs som okontrollerad tar det 6 min tills kongresshallen är utrymd (totala tider blir för bilbrand 8 min, för soffbrand 7 min 50 s och för förrådsbrand 9 min 20 s). De nedre delarna av lokalen som reagerar först töms på 2 minuter efter okontrollerbar brand. Den största flaskhalsen vid utrymningen är vid västra utgången plan 3 (utgång G, se Bilaga D). Många gäster från stora kongresshallen och kub 1 använder denna vilket skapar stor köbildning. Detta medför i sin tur att många gäster blir låsta på hög höjd i kub 1, se bild 7.9. Först efter drygt 5 min efter okontrollerbar brand kan gäster från de högre belägna raderna i kub 1 börja röra sig neråt i högre takt. Borden i trapphus 3 (utgång H, se Bilaga D) skapar en flaskhals som ger följd effekter in i konferenslokalen se bild 7.8. Dock töms kub 2 fortare än kub 1.



*Bild 7.8 Utrymningsförloppet då branden uppfattas som okontrollerbar.*



*Bild 7.9 Utrymningsförloppet 2 minuter efter att branden uppfattas som okontrollerbar.*

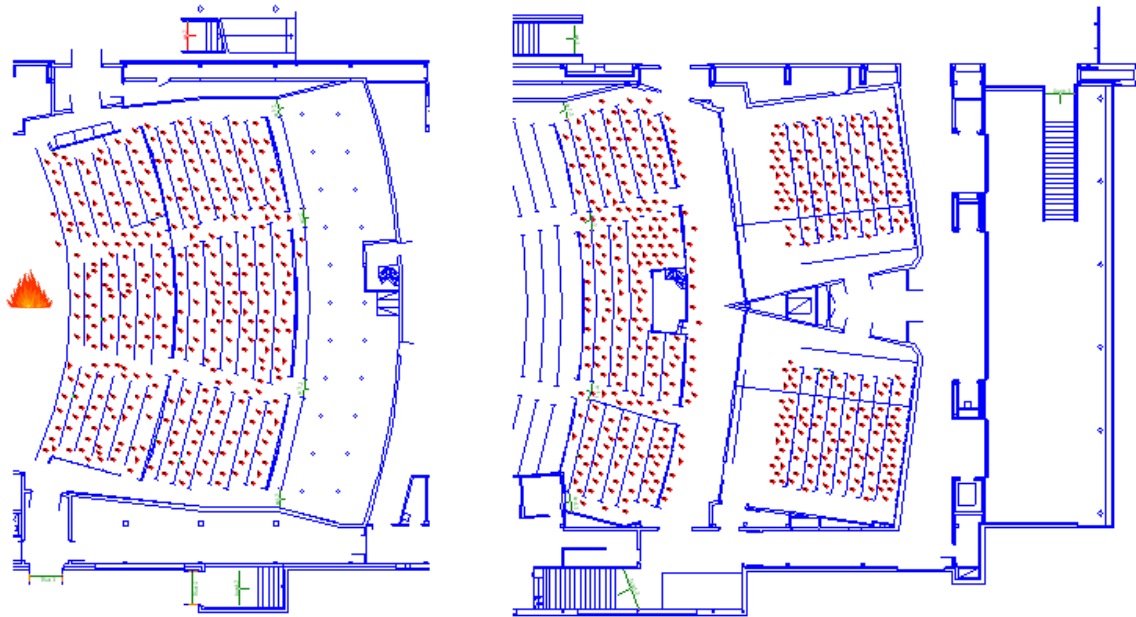


*Bild 7.10 Utrymningsförloppet 4 minuter efter att branden uppfattas som okontrollerbar.*

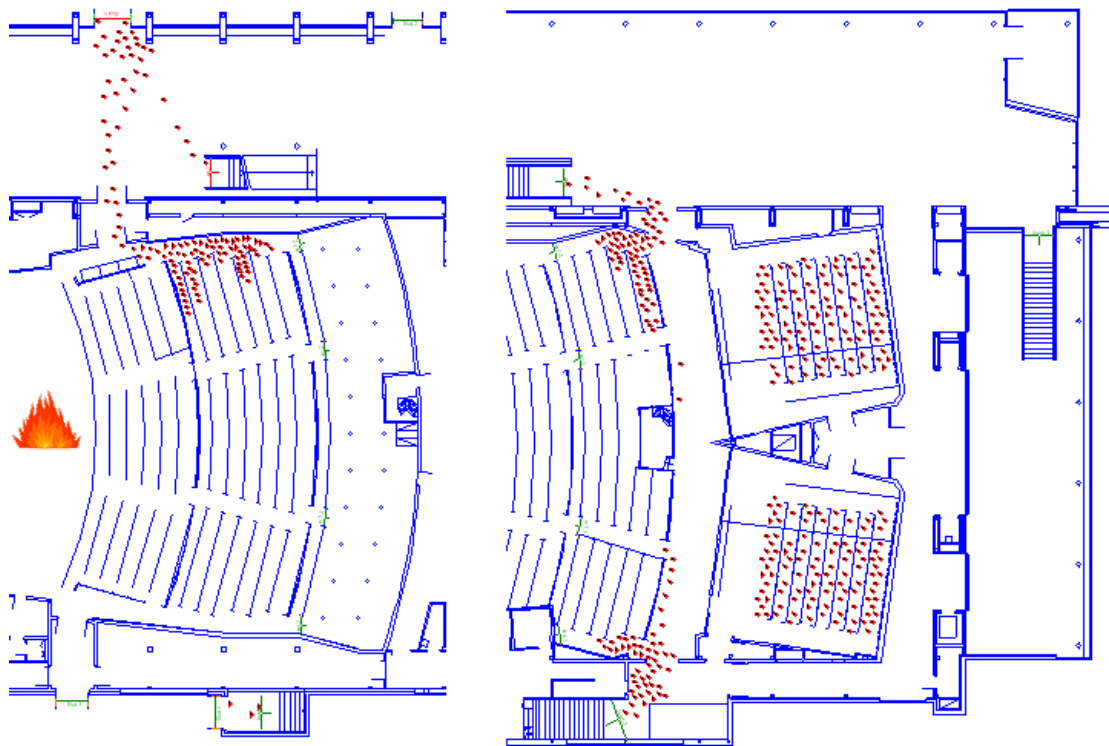
#### **7.4.2. Brand på scen - kuber stängda**

Vid stängda kuber ändras antalet platser till 593 personer, inklusive 26 funktionshindrade, i den större främre delen av kongresshallen och 105 personer i kuberna vardera, totalt 803 st. Gästerna i stora kongresshallen reagerar identiskt med scenariot med öppna kuber. Gäster i kuberna reagerar dock först på larmet. Antagandet görs att larmet aktiveras av personal efter att de informerats om branden av personer på scenen. Tiden till att detta sker uppskattades till ca 1 min 30 s efter det att branden uppfattas som okontrollerbar. Utgången mellan kuberna används den här gången vid utrymning och cirka en femtedel av gästerna i var kub bedöms välja denna väg. I övrigt väljs östra respektive västra utgångarna, se bild 7.12.

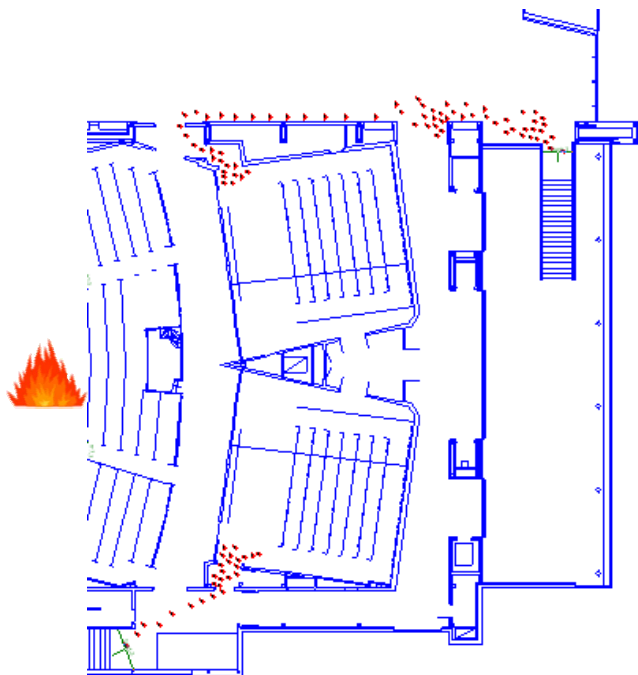
Utrymningen av kongresshall med stängda kuber är enligt simuleringen klar efter 4 min 20 s efter okontrollerbar brand, där stora salen är utrymd redan efter 3 min 10 s. Utrymningen går tämligen smidigt då dels ett mindre antal personer finns i lokalerna, dels att gästerna i kuberna får en tidsförskjutning i förhållande till gästerna i stora salen på grund av larmet. Inga större flaskhalsar uppstår.



*Bild 7.11 Utrymningsförloppet då branden uppfattas som okontrollerbar.*



*Bild 7.12 Utrymningsförloppet 2 minuter efter att branden uppfattas som okontrollerbar.*



*Bild 7.13 Utrymningsförloppet 4 minuter efter att branden uppfattas som okontrollerbar, främre delen av kongresshallen är utrymd.*

## **8. Brandgassimuleringar**

De tidigare framtagna effektkurvorna har använts vid simuleringar av brandgasfyllnad av de olika rummen. Vid simuleringarna fås en mängd olika resultat, bland annat brandgaslagrets höjd som funktion av tiden, temperatur i brandgaslagret, toxicitet med mera. Indata till CFAST återfinns i Bilaga E och samtliga handberäkningar återfinns fullständigt i Bilaga G.

### **8.1. Teori**

Teorin kring tvåzonsmodeller, CFAST och kritiska nivåer redovisas här i syfte att läsaren skall få bra förståelse för kommande resonemang.

#### **8.1.1. Tvåzonsmodellen**

Tvåzonsmodellen bygger på antagandet att det bildas två skilda lager av gaser i ett rum som är utsatt för brand. Där finns dels ett varmt övre lager av brandgaser, dels ett svalt nedre lager av luft. I det övre lagret antas alla gaser som produceras i branden befinna sig jämt spridda i rummet med homogen temperatur. Det nedre lagret antas bestå enbart av frisk luft med samma temperatur som innan branden startade. Ingen blandning mellan de båda lagren förekommer, utan där finns en tydlig skiktning mellan dem.

Fördelen med att använda den här modellen är att det är relativt lätt att göra beräkningar för den. Nackdelen är att det krävs en viss temperaturskillnad mellan lagren för att det ska bildas en skiktning. Så blir inte alltid fallet vid till exempel höga rum och bränder med liten effekt.

Ytterligare en nackdel är att modellerna räknar med att all rökspridning i en lokal sker momentant. I små rum som till exempel lägenheter är detta en rimlig förenkling men i större lokaler avviker modellen för mycket från verkligheten.

#### **8.1.2. CFAST**

CFAST är ett brandgassimuleringsprogram framtaget av NIST. Det bygger på tvåzonsmodellen och McCaffrey-plymen. Programmet arbetar genom att en geometri bestående av olika rum och öppningar mellan dem kan byggas upp och en brand kan startas på valfri plats. Det finns en rad färdigkonstruerade bränder att välja bland, men det finns även möjlighet att designa sin egen brand med hjälp av effektkurvor.

##### **8.1.2.1. Begränsningar och antaganden**

C-FAST kan inte hantera geometrier som ges av sluttande golv och tak, därför har medelhöjder använts där det förekommer. Kontrollvolymerna förutsätts vara i form av rätblock och vid avsteg från detta får eventuella förenklingar göras. Med anledning av detta har utrymmet ovanför garderoben (plan 3) försumrats. Dess volym har istället lagts till på entréhallens volym, vilket resulterat i en aningen bredare hall jämfört med verkligheten. Likaså har hallen mellan garderob och utställningshall räknats in i garderobsvolymen. Den totala rumsvolymen är dock oförändrad.

Två-zonsmodellen bygger på att de aktuella rummen inte är större än att det uppstår en skiktning av brandgaserna. Av den anledningen får inte förhållandena mellan längd, höjd och

bredd överstiga värden i tabell 8.1. Problemet löses genom att rum med proportioner som avviker för mycket från nedanstående förhållanden delas in i mindre zoner, sammanlänkande av stora öppningar. Öppningarna har full bredd men höjden är 2 decimeter lägre än den rådande takhöjden. Detta resulterar i att brandgaserna inte sprids momentant i de långsträckta rum som bankettsalen och utställningshallen utan har en viss fördröjning. Något som mer speglar hur en verklig rökutveckling i de utrymmena skulle sprida sig. Ett följdfel som ges är att det skapas en dörrplym in i angränsande zon som inte uppstår i verkligheten. Denna dörrplym blandar ut brandgaserna med luft och därför fås en ökning av brandgasmängden för varje öppning som passeras.

Tabell 8.1 Förutsättningar för CFAST vad avser geometri samt effekt. (föreläsning Gojkovic, 2007 )

	<b>Ok</b>	<b>Res. tolkas försiktigt</b>	<b>Lös på annat sätt</b>
$(L/B)_{\max}$	$L/B < 3$	$3 < L/B < 5$	$L/B > 5$
$(L/H)_{\max}$	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/B > 6$
$(B/H)_{\min}$	$B/H > 0,4$	$0,2 < B/H < 0,4$	$B/H < 0,2$
$\dot{Q}$	$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \cdot \sqrt{H}$ samt $\dot{Q}''' \leq 1000$		

$A = L \cdot B$  ,  $\dot{Q}$  i kW

$L = \text{längd [m]}$

$B = \text{bredd [m]}$

$H = \text{höjd [m]}$

$\dot{Q} = \text{Effektutveckling [kW]}$

Tabell 8.2 Kontrollvärden för Wisby Strands CFAST-simulering.

	$(L/B)_{\max}$	$(L/H)_{\max}$	$(B/H)_{\min}$	$\dot{Q}$	OK
Bankettsal 1	1,4	3,5	2,6	-	Ja
Bankettsal 2	1,4	3,5	2,6	-	Ja
Bankettsal 3	1,5	3,8	2,6	-	Ja
Utställningshall 1	1,4	5,9	4,3	-	Ja
Utställningshall 2	1,6	<b>6,9</b>	4,3	-	Tveksamt*
Utställningshall 3	1,6	<b>6,9</b>	4,3	-	Tveksamt*
Entréhall	2,7	3,6	1,3	-	Ja
Garderobshall 1	1,4	5,7	4,1	Ja	Ja
Garderobshall 2	1,4	5,7	4,1	Ja	Ja
Bar nedre	1,7	5,6	4,3	-	Ja
Bar uppe	1,3	4,3	2,6	Ja	Ja
Kongresshall	1,4	2,7	1,9	Nej	Nej

\*Värdena ligger strax över de tillåtna men då nedre våningen inte påverkas nämnvärt av brandgaserna anses rumsindelning vara ok.

Vid simulering av rökfyllnad för de framtagna scenarierna ger CFAST att hela rummet rökfylls vilket är delvis missvisande. Då det rör sig om relativt stora volymer kan brandgaserna bli väldigt utspädda och programmet kan därmed ev. visa på ett värre scenario än vad som i själva verket uppstår. Detta kan kontrolleras genom att sikten samt toxiciteten beräknas för det aktuella fallet. En ytterligare begränsning vid stora volymer är att det oftast inte ges några högre temperaturer och därmed ingen självklar skiktning av brandgaserna.

### 8.1.3. Kritiska förhållanden

Det är under brandens initialskele som det finns möjlighet till att säkerställa personsäkerheten genom utrymning eller livräddning från objektet. För att trygga en säker utrymning har vissa kriterier satts upp och riktvärden har tagits fram för var och en av dessa. Enligt Brandskyddshandboken bör nedanstående parametrar beaktas för att utrymning ska kunna ske under acceptabla förhållanden

- Toxicitet
- Sikt
- Brandgaslagrets höjd
- Strålning
- Temperatur

Brandgaslagrets höjd kan överskrida gränsvärdet så länge parametrarna för sikt, toxicitet och temperatur inte överskrider givna gränsvärden (Brandskyddshandboken). Förhållandet gäller även åt andra hållet då brandgaslagret har sådan höjd att människor inte direkt påverkas av de andra parametrarna.

#### 8.1.3.1. Toxicitet

Beräkning av toxicitet sker med hjälp av yielder. En yield anger hur mycket som har bildats av ett visst ämne när en bestämd mängd bränsle har brunnit.

$$y_i = \frac{m_i}{m_f}$$

$y_i$  = yilden för ämne  $i$

$m_i$  = massan av ämne  $i$  [g]

$m_f$  = massan av givet bränsle [g]

Yielden beror av materialet som brinner, typen av förbränning samt förhållandet mellan bränsle och syre vid förbränningen (SFPE-handboken).

När det gäller personsäkerhet är mängden producerad CO och CO<sub>2</sub> av särskilt stort intresse. I Brandskyddshandboken anges riktvärden på vad som är acceptabla värden av CO och CO<sub>2</sub> i rumsmiljö, 2000 ppm resp. 5 % av luftens volym i rummet. Mängden producerad CO och CO<sub>2</sub> hänger samman med mängden bränsle som brunnit.

$$(massa\ producerat\ ämne)_i = (yilden)_i \cdot (massa\ förbränt\ bränsle)$$

Mängden brunnit bränsle beror av två parametrar. Dels mängden energi som har frigjorts vid den aktuella tidpunkten, dels förbränningsentalpin hos det aktuella bränslet. Om det finns en känd effektkurva för den aktuella branden kan mängden frigjord energi integreras fram och om bränslet är känt kan ämnets  $\Delta H_c$  slåss upp i litteratur som SFPE-handboken.

$$(massa\ förbränt\ bränsle) = \frac{(frigjord\ energi)}{(effektiva\ förbränningsentalpin)}$$



### **8.1.3.2. Sikt**

Sikten beräknas med hjälp av den så kallade rökpotentialen,  $D_0$ , hos det aktuella bränslet. Rökpotentialen varierar kraftigt beroende på om det är glöd- eller flambrand, vilket material som brinner samt syretillgången. Enheten som rökpotentialen anges i varierar, i Europa är  $\text{ob m}^3/\text{g}$  vanligast medan det i USA normalt anges i  $\text{m}^2/\text{g}$  (Nilsson, Holmstedt 2007) Rökpotentialen i dessa beräkningar är tagna ur ovanstående rapport vilket gör att följande formler kommer användas:

$$D_L = -\frac{1}{L} \ln \frac{I}{I_0}$$

$$D_0 = D_L \frac{V}{m} \Rightarrow D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V}$$

$$D_0 = \text{rökpotential} [\text{m}^2 / \text{g}]$$

$$D_L = \text{sikt per meter} [\text{m}^{-1}]$$

$$L = \text{karaktäristisk längd} [\text{m}]$$

$$\frac{I}{I_0} = \text{dämpning av ljusets intensitet}$$

$$V = \text{rumsvolymen} [\text{m}^3]$$

$$m = \text{massan brunnit bränsle} [\text{g}]$$

När  $D_0$  är angiven i  $\text{m}^2/\text{g}$  och  $D_L$  är känt och angiven i  $\text{m}^{-1}$ , kan sikten i meter beräknas enligt följande:

$$\text{sikt} = \frac{\ln 10}{D_L}$$

Ovanstående resonemang bygger på att det råder väl omblandade förhållanden i utrymmet. Det kritiska värdet för sikt sätts generellt sett till 10 meter i utrymningsvägar och 5 meter i själva brandrummet. (Brandskyddshandboken)

I CFAST ges värdena för OD enligt amerikansk standard och sikten beräknas därmed enligt

$$\text{sikt} = \frac{1}{OD} \quad (\text{Jones m.fl. 2005}), (\text{Einhorn, Seader 1976})$$

Notera att sikten i CFAST avser brandgaslagret medan handberäkningarna antar väl omblandade förhållanden, det vill säga hela rumsvolymen.

### **8.1.3.3. Brandgaslagrets höjd**

Där personer vistas bör inte brandgaslagret sjunka lägre än  $1,6 + 0,1 \cdot H$ , där H är rumshöjden i meter (Brandskyddshandboken).

#### **8.1.3.4. Strålning**

Den maximala strålningsintensiteten som en person bör utsättas för är 2,5 kW/m<sup>2</sup> under 10 min (Brandskyddshandboken).

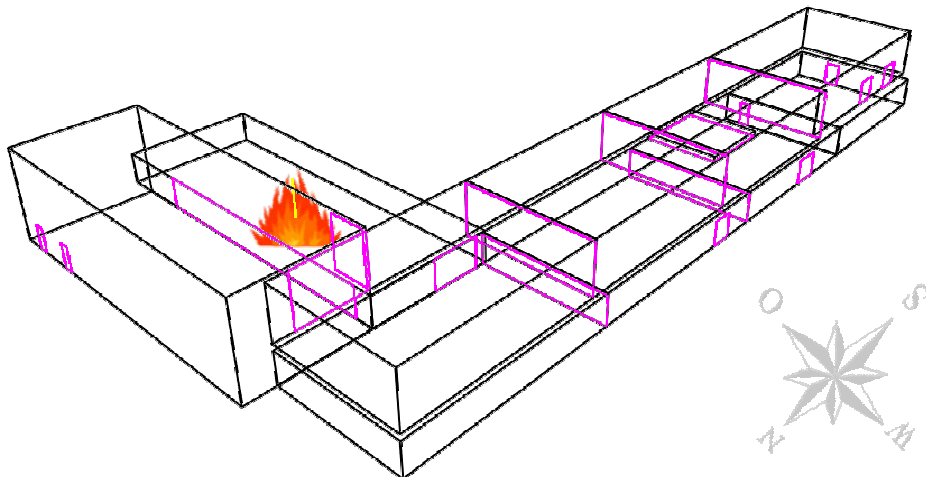
#### **8.1.3.5. Temperatur**

För att utrymning ska kunna ske utan större obehag för berörda personer bör inte temperaturen i lokalen överstiga 80° C (Brandskyddshandboken).

### **8.2. Brand i garderob**

#### **8.2.1. CFAST-simulering**

En modell av Wisby Strand byggdes upp i CFAST, se bild 8.1, med de förutsättningar som tagits upp i stycke 8.1.2. Brandens effektutveckling hämtas ur den framtagna effektkuvan för garderobsbranden. Vid brand i garderoben kommer delen närmast garderoben att rökfyllas först, både vad avser bankettsalen på plan 3 och utställningshallen på plan 2. De områden som är speciellt intressanta att titta på är trappan ned till utställningshallen där köbildning kan förväntas.



*Bild 8.1 Wisby Strandmodellen som byggdes upp för simuleringar i CFAST. Notera att kongresshallen inte är med i denna modell då den ej ingår i scenariot.*

## 8.2.2. Kritiska förhållanden

### *TOXICITET*

Vid en garderobsbrand kan det aktuella bränslet vara relativt varierande, ytterjackor och packning kan i princip bestå av vad som helst. Som en förenkling har det därför antagits att bränslet till hälften består av polyester och till hälften av bomull. Mängden energi har tagits fram genom att effektkurvan för garderobsbranden integrerats fram till den tidpunkt då plan 3 är utrymt, det vill säga 6 min 20 s (se kapitel 7). Vid denna tidpunkt är toxiciteten följande:

Tabell 8.3

	CO [ppm]		CO <sub>2</sub> [%]	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Trappan	216	1040	0,8	1,6

### *SIKT*

Då materialet enligt tidigare resonemang består av hälften polyester, hälften bomull vilket ger en rökpotential på 0,5 m<sup>2</sup>/g (se Bilaga G). Massan brunnit bränsle samt volymen är de samma som vid beräkning av toxiciteten, dvs. att sikten beräknas vid den tidpunkt då plan 3 är utrymt. Resultatet från dels handberäkningar och dels CFAST redovisas i tabellen nedan.

Tabell 8.4

	Sikt [m]	
	CFAST	Handber.
Trappan	0,1	0,2

### *HÖJD*

Kritisk höjd för hela bankettsalen är 2,1 m.

Brandgaslagrets höjd vid 6 min 20 s beräknas utav CFAST och redovisas i tabell nedan.

Inga handberäkningar har gjorts då byggnadens geometri och brandens placering inte möjliggör detta

Tabell 8.5

	Brandgaslagrets höjd [m]	
	CFAST	Handber.
Trappan	< 0,1	-

### *STRÅLNING*

Inga handberäkningar på strålningen har gjorts då den till stor del beror utav temperaturen som är svår att beräkna. CFAST ger strålningen från det övre brandgaslagret till en punkt mitt på rummets golv. Strålningen vid trappan efter 6 min 20 s redovisas i tabell nedan.

Tabell 8.6

	Strålning [kW/m <sup>2</sup> ]	
	CFAST	Handber.
Trappan	0,1	-

### *TEMPERATUR*

Inga handberäkningar på temperatur har gjorts då byggnadens geometri samt brandens placering är för komplex. CFAST ger temperaturen i brandgaslagret. Resultatet redovisas i tabell nedan.

Tabell 8.7

	Temperatur [°C]	
	CFAST	Handber.
Trappan	43	-

## **8.3. Brand i barsoffa**

### **8.3.1. CFAST-simulering**

En modell av Wisby Strand byggdes upp i CFAST, se bild 8.2, med de förutsättningar som tagits upp i stycke 8.1.2. Brandens effektutveckling hämtas ur den framtagna effektkurvan för soffan i baren.

Vid brand i baren kommer den intilliggande delen av bankettsalen att rökfyllas tidigt och brandgaserna kommer att sprida sig bortåt i bankettsalen. Nedervåningen kommer inte att påverkas nämnvärt då hela brandförloppet sker på ovanvåningen. De intressanta områdena är här dels den norra delen som ligger längst från branden samt området vid trappan där köbildning kan förväntas.

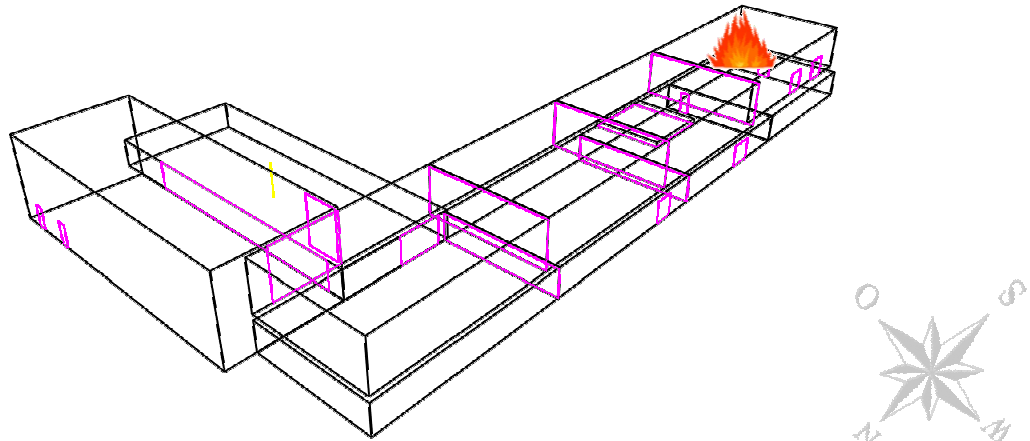


Bild 8.2 Wisby Strandmodellen som byggdes upp för simuleringar i CFAST. Notera att kongresshallen inte är med i denna modell då den ej ingår i scenariot.

### 8.3.2. Kritiska förhållanden

#### *TOXICITET*

Mängden energi har tagits fram genom att effektkurvan för brand i barsoffan integrerats fram till den tidpunkt då köerna vid trappan samt norra bankettsalen är borta. Dessa tider är 5 min 50 s respektive 6 min 30 s. (se kapitel 7) Yields har tagits för polyuretanskum, även kallat PUR-skum, då många soffor har stoppning av detta material.

Beräkningarna visar sedan att den förbrända massan PUR-skum skulle uppgå till 24,0 kg respektive 28,4 kg.

Diskussion har förts huruvida det är rimligt att anta att den aktuella soffan enbart består av PUR-skum och försumma stommen av trä, klädseln av tyg samt draperiet bakom.

Uppskattningar från IKEAs sortiment av soffor visar att en tresittsoffa innehåller ungefär 20 kg PUR-skum. I syfte att vara konservativa antogs att hela den förbrända massan består av PUR-skum då det är det mest förorenande ämne som ingår.

Tabell 8.8

	CO [ppm]		CO <sub>2</sub> [%]	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Trappan	375	180	1,3	0,5
Bankettsal norra	260	180	0,9	0,6

### *SIKT*

Som tidigare nämnts antas stoppningen bestå av PUR-skum. Massan brunnit bränsle samt rummets volym är densamma som vid toxicitetsberäkningarna. Orsaken till den stora differensen hos värdena mellan handberäkningarna och CFAST kan förklaras med att CFAST räknar på sikten i brandgaslagret medan handberäkningarna utgår från att väl omblandade förhållanden råder.

Tabell 8.9

	Sikt [m]	
	CFAST	Handber.
Trappan	0,1	2,1
Bankettsal norra	0,1	1,8

Enligt CFAST bildas det ett brandgaslager i bankettsalen vilket gör att ovanstående värden ska tolkas med viss försiktighet då det inte råder väl omblandade förhållanden

### *HÖJD*

Kritisk höjd för hela bankettsalen är 2,1 m. Brandgaslagrets höjd vid trappan respektive bankettsal norra beräknas med CFAST och redovisas nedan.

Tabell 8.10

	Brandgaslagrets höjd [m]	
	CFAST	Handber.
Trappan	2,9	-
Bankettsal norra	2,3	-

### *STRÅLNING*

Inga handberäkningar på strålningen har gjorts då den till stor del beror utav temperaturen som är svår att beräkna. CFAST ger strålningen från det övre brandgaslagret till en punkt mitt på rummets golv. Strålningen vid trappan samt bankettsal norra redovisas nedan.

Tabell 8.11

	Strålning [kW/m <sup>2</sup> ]	
	CFAST	Handber.
Trappan	0,3	-
Bankettsal norra	0,1	-

## TEMPERATUR

Inga handberäkningar på temperatur har gjorts då byggnadens geometri samt brandens placering är för komplex. CFAST ger temperaturen i brandgaslagret. Resultatet redovisas nedan.

Tabell 8.12

	Temperatur [°C]	
	CFAST	Handber.
Trappan	90	-
Bankettsal norra	45	-

## **8.4. Brand i kongresshall**

### **8.4.1. CFAST-simulering**

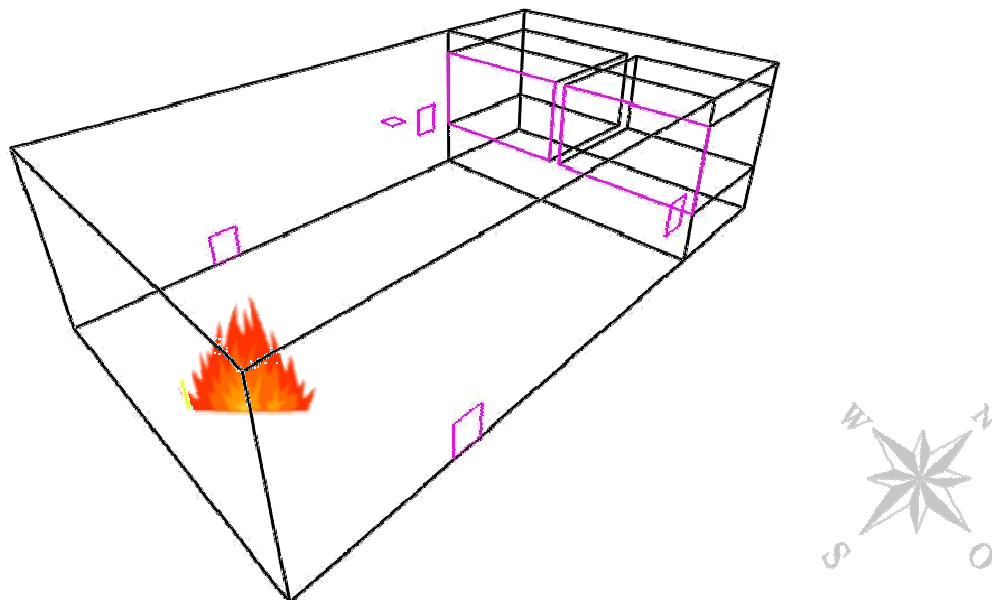
En modell av Wisby Strand byggdes upp i CFAST, se bild 8.3, med de förutsättningar som tagits upp i stycke 8.1.2. Brandens effektutveckling hämtas ur de framtagna effektkurvorna för bränder på scenen.

Vid en rökfyllnad av kongresshallen finns tre olika höjder på brandgaslagret som kan tänkas vara intressanta. Dessa är den längst bak i kuberna, eftersom den har högst höjd och uppnås snabbast, samt de vid de nedre och övre utgångarna, eftersom köbildning kan förväntas där. De olika bränderna har inte lika snabb utveckling eller energiinnehåll. Detta medför att vid de olika observationspunkterna uppnås kritiska förhållanden vid olika tidpunkt beroende på brand.

Utrymningssimuleringar i kapitel 7 visar att det alltid är vid de övre utgångarna som köerna kommer att finnas kvar längst tid. Detta medför att de främre utgångarna är mindre intressanta att undersöka. Soffgruppen är den brand som ger snabbast effektutveckling och störst rökutveckling. Således genererar den de sämsta förhållandena för den översta raden i kuberna samt de övre utgångarna och har därför använts för att ta fram de olika kritiska nivåerna.

På dessa grunder har branden i bilen respektive förvaringen valts bort då dess effektutveckling är långsammare. Eventuellt kan toxiciteten från branden i bilen bli hög på grund av mängden plast och oljeprodukter. Bedömningen har gjorts att utrymningen kommer att vara genomförd långt innan skadliga värden uppnås.

Enligt tabell 8.2 är inte tvåzonsmodellen inte giltig för kongresshallen. Försök med att dela in kongresshallen i mindre rum gjordes men valdes bort då resultaten och rökfyllnadstiderna var i stort sett lika.



*Bild 8.3 Wisby Strandmodellen som byggdes upp för simuleringar i CFAST. Endast kongresshallen ingår i detta scenario.*

#### **8.4.2. Kritiska förhållanden**

##### *TOXICITET*

Mängden energi har tagits fram genom att effektkurvan för branden integrerats fram till den tidpunkt då de olika nivåerna i kongresshallen är utrymda. Yields har tagits för polyuretanskum, även kallat PUR-skum, då de flesta soffor har stoppning av detta material.

I beräkningarna har effektkurvan ersatts av en  $\alpha t^2$ -kurva, med ett  $\alpha$ -värde samt en fördröjning innan branden kom igång som ger dem så likt utseende som den ursprungliga effektkurvan som möjligt. Branden får ett  $\alpha$ -värde på 0,045 och för att handberäkningarna ska stämma måste 20 sekunder dras ifrån för att kompensera för starttiden.

Innan brandgaslagret börjar sjunka nedåt måste hela takets yta vara täckt med brandgaser. Beräkningar visar att detta tar åtminstone 35 sekunder (se Bilaga G)

Beräkningarna visar att den totala förbrända massan uppgår till 20,7 respektive 56,7 kg för de intressanta tiderna när kuberna är öppna och 24,7 kg för fallet där kuberna är stängda. Soffgruppen innehåller totalt 40 kg PUR-skum enligt tidigare resonemang.



Då PUR-skummet har ca tre gånger snabbare massavbrinning än trä antas detta förbrännas först (Drysdale, 1998). 40 kg PUR-skum ger 760 MJ och då integreringen av effektkurvan ger en större energimängd har resterande energi antagits komma från trä.

Volymen för kongresshallen är med öppna kuber 10900 m<sup>3</sup> och med stängda kuber 9600 m<sup>3</sup>.

Tabell 8.13

	Toxicitet (brand i soffgrupp)							
	Kuber öppna				Kuber stängda			
	CO [ppm]		CO <sub>2</sub> [%]		CO [ppm]		CO <sub>2</sub> [%]	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Övre rad	17	56	0,3	0,2	-	-	-	-
Övre utgång	167	172	0,6	0,5	117	81	0,4	0,3

*SIKT*

Det har tidigare nämnts att stoppningen i sofforna bestå av PUR-skum och resten av trä. Massan brunnit bränsle samt rummets volym är densamma som vid toxicitetsberäkningarna.

Tabell 8.14

	Sikt (brand i soffgrupp)			
	[m]			
	Kuber öppna		Kuber stängda	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Övre rad	0,4	5,6	-	-
Övre utgång	0,2	2,4	0,3	4,0

### HÖJD

Brandgaslagrets höjd har tagits fram dels med hjälp av CFAST, dels med handberäkningar. Handberäkningarna har gjorts med Yanama-Tanakas modell där den approximerade effektkurvan modifierats enligt ovan, (se Bilaga G). Eftersom kongresshallen och kuberna har ett lutande golv och olika takhöjd kommer de kritiska höjderna för de olika observationspunkterna variera. Höjderna blir 10,2 meter för den övre raden respektive 6,5 meter för den övre utgången. Höjderna räknas från kongresshallens lägsta golvnivå.

Tabell 8.15

	Brandgaslagrets höjd (brand i soffgrupp) [m]			
	Kuber öppna		Kuber stängda	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Övre rad*	4,8	5,5	-	-
Övre utgång*	3,5	3,6	4,2	4,5

\*Observera att övre raden samt övre utgången ligger på 8,4 respektive 4,0 meters höjd.

### STRÅLNING

Inga handberäkningar på strålningen har gjorts då den till stor del beror av temperaturen som är svår att beräkna. CFAST ger strålningen från det övre brandgaslagret till en punkt mitt på rummets golv. Strålningsnivåerna redovisas nedan.

Tabell 8.16

	Strålning (brand i soffgrupp) [kW/m <sup>2</sup> ]			
	Kuber öppna		Kuber stängda	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Övre rad	0,2	-	-	-
Övre utgång	0,4	-	0,3	-

### TEMPERATUR

CFAST ger temperaturen i brandgaslagret. Resultatet redovisas nedan.

Tabell 8.17

	Temperatur (brand i soffgrupp) [°C]			
	Kuber öppna		Kuber stängda	
	CFAST	Handber.	CFAST	Handber.
Övre rad	56	-	-	-
Övre utgång	83	-	67	-

## 9. Sammanställning och tolkning av resultat

Resultaten från kapitel 7 och 8 sammanställs i nedanstående tabeller för att få en tydligare översikt över de utrymningsförhållanden som råder vid de olika scenarierna. De värden som överstiger kritisk nivå har markerats med fet stil. Med utrymningstider avses den tid då sista person har lämnat det kritiska området. De presenterade värdena är de värsta som uppnåtts under utrymningstiden. Acceptabla värden för utrymning presenteras i den vänstra kolumnen.

Kongresshallen består av två scenarier, ett med öppna kuber samt ett med stängda kuber.

I respektive cell redovisas både CFAST- och handberäkningar (CFAST/handberäkning). I de fall då handberäkningar inte kunnat utföras skrivs ”-”.

Tabell 9.1 Resultat för scenarier brand i garderob samt brand i barsoffa

	<b>Garderobsbrand</b>	<b>Barsoffa</b>	
	Trappan till utställning	Trappa till utställning	Bankettsal norra
<b>Utrymningstid (min:s)</b>	6:20	5:50	6:30
CO [ppm] < 2000 ppm	216 / 1040	375 / 180	260 / 180
CO2 [%] < 5 %	0,8 / 1,6	1,3 / 0,5	0,9 / 0,6
Sikt [m] > 10 m	<b>0,1 / 0,2</b>	<b>0,1 / 2,1</b>	<b>0,1 / 1,8</b>
Höjd [m] > 2,1 m	< <b>0,1</b> / -	2,9 / -	2,3 / -
Strålning [kW/m <sup>2</sup> ] < 2,5 kW/m <sup>2</sup>	0,1 / -	0,3 / -	0,1 / -
Temp[C] < 80°C	43 / -	<b>90</b> / -	45 / -

Tabell 9.2 Resultat för brand i kongresshall

Scenarion i kongresshall	Kuber öppna		Kuber stängda
	Soffbrand		Soffbrand
	Övre rad	Övre utgångarna	Övre utgångarna
Utrymningstid (min:s)	5:50	7:50	6:10
CO < 2000 ppm	17 / 56	167 / 172	117 / 81
CO2 < 5%	0,3 / 0,2	0,6 / 0,5	0,4 / 0,3
Sikt > 10 m	<b>0,4 / 5,6</b>	<b>0,2 / 2,4</b>	<b>0,3 / 4,0</b>
Höjd Kub > 10,2 m Ö.utg. > 6,5 m	<b>4,8 / 5,5</b>	<b>3,5 / 3,6</b>	<b>4,2 / 4,5</b>
Strålning < 2,5 kW/m2	0,2 / -	0,4 / -	0,3 / -
Temp < 80	56 / -	83 / -	67 / -

## 9.1. Tolkningar av resultat

### 9.1.1. Brand i garderob

Branden i garderoben är relativt stor och resultaten visar att kritiska förhållanden förmodligen uppstår innan utrymningen är avslutad. Detta gäller sikten och brandgaslagrets höjd, där både resultaten från CFAST och handberäkningarna tyder på samma sak. Troligen kan resultaten tänkas bli något bättre i vissa delar av lokalen då ovanstående värden är snittvärden över hela brandgasvolymen. I och med det antas brandgaslagret vara homogent och ingen hänsyn tas till att förhållandena i det långsträckta rummet troligen är sämre närmare branden. Vidare tar inga av beräkningarna hänsyn till transport av brandgaser och tiden för rökfyllnad är troligen överskattad. Detta skulle leda till att kritiska förhållanden uppstår senare än beräknat.

Vid långa transportsträckor kyls brandgaserna mot det kallare taket vilket medför att tvåzonsmodellens giltighet är tveksam i långsträckta rum. Den i CFAST gjorda rumsindelningen får till följd att det bildas en dörrplym mellan varje utrymme och brandgasvolymen i de bortre rummen blir därför för stor. Dessa plymer kan också bidra med en felaktig spädning av toxiska ämnen. Samtidigt visar den låga temperaturskillnaden mellan övre och undre lager att det är tveksamt att någon skiktning uppstår. Dessutom fungerar tvåzonsmodellen sämre när rummet inte befinner sig på samma plan som brandrummet. (Brandskyddshandboken) Sammantaget kan sägas att resultaten från CFAST bör tolkas med stor försiktighet i detta fall.

För övriga parametrar som toxicitet, temperatur samt strålning ger CFAST och handberäkningar (där dessa kunnat utföras) så låga värden att det troligen inte innebär någon fara för personsäkerheten vid utrymning.

**Slutsats:** Då resultaten tyder på att brandgaslagrets höjd samt sikten kommer att understiga de kritiska nivåerna kan säker utrymning inte verifieras.

### **9.1.2. Brand i barsoffa**

Branden i barsoffan inträffar på samma plan som gästerna befinner sig. Detta leder till mindre felaktigheter i resultaten tack vare kortare transportsträckor av brandgaserna än för fallet med garderobsbranden. Närheten till branden talar för att det uppstår höga temperaturer vilket styrks av resultaten från CFAST. Stigkraften blir då tillräcklig för att skiktning ska uppstå (Brandskyddshandboken). Denna skiktning gör att de resultat som CFAST ger på de övrigt undersökta parametrarna stämmer bättre jämfört med om skiktning inte kunnat påvisas. Med undantag för sikten visar inga av de granskade parametrarna kritiska nivåer. Värdet på sikten i CFAST avser det övre brandgaslagret men i och med att det övre lagret är så pass högt att det inte påverkar utrymningen anses det ändå godtagbart. Den handberäknade sikten hamnar långt under det rekommenderade värdet för säker utrymning, men den beräkningen bygger på antagandet att väl omblandade förhållanden råder och är således inte helt tillförlitlig då skiktning sker.

Dock kommer den aktiverade sprinklern både kyla och blanda om brandgaserna (Brandskyddshandboken). Detta leder till att hela ovanstående resonemang avseende skiktningen faller, det vill säga att en skiktning inte uppstår och det finns således en överhängande risk för dålig sikt.

**Slutsats:** I och med sprinklern blir det svårt att förutsäga hur scenariot utvecklas. Troligen blir det omblandade förhållanden med dålig sikt och säker utrymning kan därför inte garanteras. Dock utgör parametrar såsom toxicitet, temperatur samt strålning enligt resultaten inte några problem.

### **9.1.3. Brand i kongresshall**

Kongresshallen har stor volym och högt i tak. Detta leder till att en eventuell skiktning mellan ett övre och undre lager är tveksam då temperaturskillnaden mellan dem blir liten och stigkraften avtar.

För den övre raden är brandgaslagrets höjd den enda parametern som understiger gränsvärdena. Dock bygger det värdet på att en skiktning uppstår. Eftersom värdena på de övriga parametrarna är inom gränsvärdena är brandgaslagrets höjd av sekundär betydelse (Brandskyddshandboken).

Då kuberna är öppna visar resultaten från CFAST en markant siktförändring vid de övre utgångarna i slutet av utrymningsskedet. Tidigare under brandförloppet ansågs en skiktning vara tveksam. Temperaturen är nu högre men fortfarande inte tillräcklig för att en skiktning

med säkerhet ska uppstå. Fakta kvarstår dock att sikten förmodligen är för dålig och inga handberäkningar visar på något annat.

Med stängda kuber fås en kortare utrymningstid. Detta innebär att brandförloppet inte utvecklats lika långt innan kongresshallen är utrymd. Brandgaslagrets höjd är låg samt sikten dåligt vilket kan utgöra ett problem, men eftersom skiktning troligen inte sker är dessa värden tveksamma.

Kongresshallen är utrustad med tre stycken brandgasluckor à 1 m<sup>2</sup>, men enligt simuleringar i CFAST har dessa ingen påverkan på brandgaslagrets höjd. Öppningstiderna har varierats men det har inte gett någon märkbar påverkan i något av fallen. Det är möjligt att luckorna kan komma att påverka ett verkligt brandförlopp men i och med CFAST's begränsningar har detta inte kunnat påvisas.

I samtliga ovanstående fall är värdena på toxicitet, temperatur och strålning godtagbara.

**Slutsats:** De låga temperaturerna gör det svårt att förutse var brandgaserna ansamlas. Sikten och en eventuell höjd på brandgaslagret är därför svåra att bestämma. De förmodade dåliga siktförhållandena gör att säker utrymning inte till fullo kan garanteras.

## **10. Diskussion angående åtgärder**

*Läsarna av detta diskussionskapitel ombedes ta tidigare kapitelns tolkning av simuleringsresultaten i beaktande. De simuleringsverktyg som använts får anses som trubbiga i sammanhanget.*

I detta kapitel läggs tonvikten på förändringsarbete och på hur bättre lösningar för personsäkerheten kan genomföras.

### *BANKETTSALEN*

Simuleringarna visar att tveksamma förhållanden för personsäkerheten uppstår vid brand i garderob. Förutsättningarna skapas av tre faktorer, byggnadens geometri, mängden gäster samt brandens utveckling.

Utrymningens förutsättningar påverkas negativt av att branden spärrar en av de större trapporna ner till plan 2 och all utrymning får i huvudsak ske via två andra vägar och trappan till utställningshallen blir den stora flaskhalsen. Det stora antalet gäster gör att situationen vid trappan förvärras på grund av att köbildning uppstår och utrymningen tar längre tid.

Att ändra på byggnadens konstruktion i syfte att skapa fler vägar till plan 2 är inget realistiskt alternativ, istället måste andra lösningar beaktas. Detta kan till exempel vara att flödet av gäster vid utrymning måste påverkas. Ett alternativ att lösa flaskhalsen vid trappan är att personalen aktivt styr gäster mot utgångarna vid uteserveringen eller trappan bakom baren i södra delen. Ett andra alternativ är att utrymma genom kongresshallen till trapphus 3. Problematiken med det senare alternativet är dels att dörrarna går mot strömmen samt att en fönsterlös kongresshall kan verka mindre inbjudande då man från trappan har sikt mot det fria. För att motverka detta måste personalen aktivt hänvisa in gäster och dörrarna bör öppnas innan köbildning uppstår.

Enkätundersökningen visar att personalen redan är engagerade och insatta i rutiner vid utrymning. Därmed torde det finnas goda förutsättningar för att kunna skapa nya rutiner vid objektet som kan tänkas fungera.

Branden i garderoben får en hög och utdragen effektutveckling då det finns mycket brännbart materiel på stor yta. Det bör beaktas att den uppskattade effektkurvan bygger på relativt konservativa antaganden. Möjligen skulle sprinklern kunna dämpa branden mer och ge en lägre effektutveckling. Men faktum kvarstår att då hatthyllorna fylls upp med väskor vid större evenemang kommer sprinklerns verkan att begränsas avsevärt. Packningarna kommer att avskärma sprinklern både horisontellt och vertikalt. Sprinklerverkan kan förbättras betydligt genom att undvika lagring av väskor och andra attiraljer på hatthyllorna i den mån det är möjligt. Annan förvaring av packning kan till exempel skapas genom att ett av grupprummen som angränsar till entréhall iordningställs för detta vid större arrangemang.

Brandspridningen mellan racken kan dämpas genom att skapa begränsande barriärer. Gipsskivor skulle kunna placeras i racken för att begränsa brandspridningen. En annan lösning kan vara att ta bort hatthyllorna på vart annat rack. Genom detta kan branden max sprida sig ett rack innan sprinkler kommer åt att dämpa brandspridningen.

Vid brand i barsoffa förmodas sikten bli dålig och åtgärder bör vidtagas för att fortare kunna utrymma den delen av lokalen. Likt ovan bör personal tas i anspråk för att omdirigera utrymningsflödet. Tanken på att utrymma via kongresshallen blir än mer angeläget i detta fall.

### *KONGRESSHALL*

I kongresshallen blir problemet för personsäkerheten stora mängder kalla brandgaser som ger dålig sikt. Den stora volymen medför svala temperaturer på brandgaserna vilket förhindrar effektiv brandgasventilation. Ytterligare att beakta är att brandgasventilationen aktiveras av smältbläck. Dock uppnås inga höga temperaturer under utrymningskedet då takhöjden är stor. Detta innebär att den brandgasventilation som finns får liten effekt.

Ett förslag på förändring är att brandgasluckorna öppnas på larm. Problemet med dålig verkan på grund av små temperaturdifferenser kan lösas med aktiv brandgasventilation. Antingen sätts fläktar vid brandgasluckorna eller så forceras tilluften till kongresshallen vid larm. I dagsläget stängs både till- och frånluft av vid larm.

Brand på scenen kan brinna opåverkat då sprinklersystemet är tveksamt monterat eftersom det sitter dolt bakom akustikskivor samt övrig sceninstallation. Sprinklerverkan kan göras betydligt större om det kompletteras med ny rördragnings som gör att nya sprinkler hamnar i nivå med akustikskivor ovanför scen.

Vid utrymning av kongresshallen skapas ett stort tryck mot västra utgången plan 3. Anledningen till detta är att många kommer in den vägen och således är det deras naturliga väg ut. En lösning till detta skulle kunna vara att gäster till kub 2 samt östra delen av kongresshallen leds in bakom kuberna via trapphus 3 till sina platser. Via denna åtgärd skapas förutsättningar för att gäster även kommer att välja trapphus 3 vid utrymning och således avlastas västra utgången plan 3.

Trapphus 3 används som förvaringsutrymme för bord vilket skapar en onödigt trång passage. Generellt får detta anses som olämpligt då trapphus 3 är en av de större nödutgångarna. Om lösningen med att minska trycket på västra utgången plan 3 skall fungera bör trapphus 3 inte användas som förvaringsutrymme. Vidare måste man i stort skapa bättre förvaringsrutiner så att inte utgångar i värsta fall blockeras.

Då kuberna är stängda flyter utrymningen smidigt. Det finns en uppmärkt nödutgång som leder till kongresshallen. Dock täcks denna totalt av ett nedsänkbart draperi som används för att förbättra akustiken i kongresshallen (bild 3.2). Detta draperi bör modifieras så att nödutrymning är möjlig att genomföra som det är planerat.

### *ÖVRIGA UTRYMMEN*

Vid besök på objektet observerades att flertalet branddörrar var uppställda med kilar. Detta är ett vanligt fenomen och förståeligt i till exempel restaurangbranschen där det blir mycket in- och utpassage genom dörrarna. Det allvarliga med detta är att brandcellsindelningen sätts ur spel och brandgaser kommer att sprids mellan brandcellerna. Rekommendationen är att det sätts upp magnetkontakter så att dörrarna stängs vid larm. Lämpligen bör personalen avgöra vilka dörrar som behöver ställas upp då de har kännedom om arbetsgången och sina rutiner.



## 11. Verifiering av åtgärder

### BANKETTSALEN

- *Gäster leds genom kongresshall*

*- vid brand i garderob:*

Drygt 360 gäster väljer i simuleringarna att utrymma genom trappan till utställningshallen. Personalen öppnar i detta alternativ upp dörrar till kongresshallen och leder ca 110 av gästerna (bord 24-26, se Bilaga C) genom denna alternativa väg. Detta får till följd att bankettsalen plan 3 är tom redan efter 5 min 10 s mot tidigare 6 min 20 s. Således finns mer än en minut att tjäna på denna lösning. Sikten samt brandgaslagrets höjd hamnar dock fortfarande på kritiska nivåer, men tidsvinsten skulle innebära att fler personer hinner utrymma under bättre förhållanden.

*- vid brand i barsoffa:*

Drygt 270 gäster väljer i simuleringarna att utrymma genom trappan till utställningshallen och resterande 310 till entréhallen. Personalen öppnar i detta alternativ upp dörrar till kongresshallen och leder istället dessa gäster genom denna alternativa väg. Hälften av dem som normalt skulle ha valt trappan till utställningen (bord 12 – 17, se Bilaga C) samt 25% av de som normalt skulle valt entrén (bord 18-20) leds denna väg.

Detta får till följd att området kring trappan och entrén till kongresshallen är tömt efter 5 min mot tidigare 5 min 50 s. Hela bankettsalen är tom efter 6 min mot tidigare 6 min 30 s. Denna åtgärd ger alltså en ökad tidsmarginal för säker utrymning.

**Slutsats:** Åtgärden att leda ut gäster genom kongresshallen till trapphus 3 är värd att införa som rutin vid utrymning. Utrymningstiderna kan minskas mycket med hjälp av denna åtgärd.

- *Införa brandspridningsbegränsande åtgärder i garderoben*

Garderoben består idag av 7 rack som vid en fullbeläggning innebär en stor brandbelastning på stor yta. Förslag är att begränsa spridningsmöjligheten så att maximalt ett rack kan brinna (för effektkurva se Bilaga E). Med ändrade ingångsdata i CFAST för garderobssimuleringen, se kapitel 8.2, fås följande resultat. Tidigare värden visas inom parantes.

Tabell 11.1

Temperatur [°C]	Sikt [m]	Höjd [m]
28 (43)	0,6 (0,1)	0,6 (< 0,1)

En kraftig påverkan kan påvisas på framförallt temperaturen som inte blir mycket högre än normal rumstemperatur. Denna låga temperatur kommer att fördröja spridning av brandgaser och utrymningsförhållandena kommer att förbättras.

**Slutsats:** Att begränsa brandspridningsmöjligheterna i garderoben är en åtgärd som ger bättre resultat på utrymningsförhållandena.

## KONGRESSHALLEN

- *Brandgasfläkt*

Vid en brand i kongresshallen är det framförallt brandgaslagrets höjd samt sikten som utgör hinder för en acceptabel utrymning. Simuleringar i CFAST har visat att de rökgasluckor som i dagsläget finns installerade inte ger någon större verkan på brandgaslagrets höjd. För att rökgasluckor ska fungera optimalt krävs det att gaserna har tillräckligt stor stigningskraft och då temperaturerna vid det simulerade brandförloppet är relativt låga inledningsvis är det oklart var brandgaserna hamnar. Under den senare delen av brandförloppet, då en skiktning kan tänkas ske, skulle en brandgasfläkt ge ett högre brandgaslager. Om två brandgasfläktar med vardera 1 m<sup>2</sup> öppning och ett flöde på 20000 m<sup>3</sup>/h<sup>5</sup> installeras, skulle rökfyllnaden i kuberna fördröjas med ca 1 min 30 s enligt CFAST. Aktiveringstiden är då satt till 3 min 20 s, det vill säga när larmet antas aktivera. Brandgaslagrets höjd hamnar på 5,8 m efter 6 min 50 s, det vill säga då personerna på de övre raderna kan lämna kuberna. Detta värde ska jämföras med de 4,8 m som gäller då det inte finns någon brandgasventilation.

**Slutsats:** Även om rökfyllnadstiden fördröjs uppstår det fortfarande kritiska förhållanden vad gäller höjden. Då det även är tveksamt om det över huvudtaget blir någon skiktning i inledningsskedet kan det inte fullt ut motivera installation av brandgasfläktar.

- *Gäster till östra delen av kongresshall leds in via östra entrén*

Vid arrangemang med öppna kuber väljer  $\frac{1}{3}$  av kub 2:s 210 gäster i den tidigare simuleringen att utrymma via västra utgången på plan 3. Även  $\frac{3}{4}$  av funktionshindre gäster väljer samma väg. Istället föreslås att gästerna med sittplats i kub 2 samt hälften av de funktionshindre vid ankomst hänvisas in i kongresshallen via den östra entrén på plan 3, med avsikt att få dem att utrymma samma väg. Detta skulle resultera i en snabbare utrymning enligt tabell 11.2, då köbildningarna skulle minska. Enligt CFAST uppstår fortfarande kritiska förhållanden, men enligt tidigare resonemang hinner ett större antal gäster utrymma under bättre förhållanden.

Tabell 11.2

	Tid östra utgången	Tid västra utgången	Utrymning klar
Före förändring	6:10	7:50	7:50
Efter förändring	7:00	6:50	7:00
Tidsvinst	-0:50	1:00	0:50

Den totala utrymningstiden blir 7 min, det vill säga en minskning med knappt en minut.

**Slutsats:** Vid stora evenemang bör gäster till de östra sittplatserna i så stor utsträckning som möjligt ledas in genom den östra entrén då detta kan förkorta tiden för utrymning.

---

<sup>5</sup> Värdet är taget från produktblad gällande brandgasfläktar, [www.wolf-luftbehandlung.se](http://www.wolf-luftbehandlung.se)

- *Komplettera sprinkler över scenen*

Nuvarande sprinklersystem över scenen kan inte verka då de hindras av bland annat stora akustikskivor. Kompletteras nuvarande system med en ny rördragnings så att nya sprinklerhuvudena hamnar under akustikskivorna kan dessa få god verkan mot bränder på scen. Sprinklerna aktiveras enligt resonemanget i stycke 7.4.2. De nya sprinklerna bedöms begränsa branden. Detta leder till nya effektkurvor på scen som är avsevärt bättre än de tidigare, se diagram 11.1. Simuleringar i CFAST ger ingen större skillnad, dock framgår det i diagram 11.1 att den förbrända massan, som är proportionell med arean under grafen, minskar kraftigt. Det leder i sin tur till att mindre brandgaser produceras vilket gör det rimligt att anta att både brandgaslagrets höjd samt sikten förbättras.

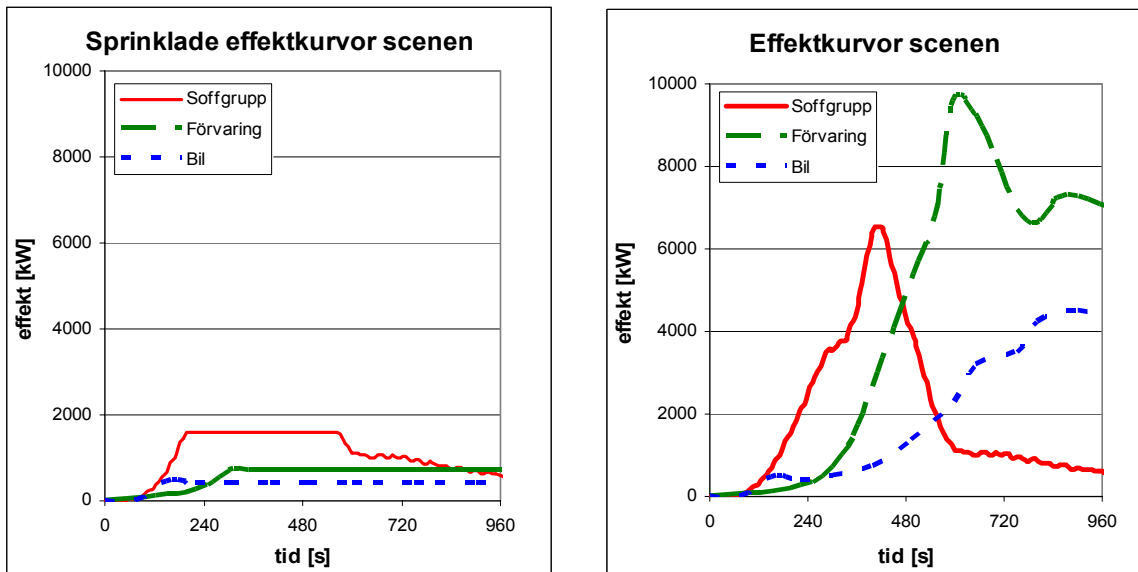


Diagram 11.1 Sprinklade respektive osprinklade effektkurvor för scenen.

**Slutsats:** Kompletterande rördragnings med nya lägre sprinkler över scenen ger bra resultat.

- *Dåliga rutiner leder till att trapphus 3 blockeras.*

I trapphus 3 förvaras idag ett antal bord. Vid simuleringar ändrades förutsättningarna så att utgången blockeras. Rörelsehindrade gäster samt gäster i kub 2 måste då istället utrymma genom den västra utgången. Övriga gäster (grupp 3:3 samt 3:4, se Bilaga C) som skulle ha valt östra utgången på plan 3 väljer istället östra utgången på plan 2. Den totala utrymningstiden för kongresshallen blir 8 min 30 s mot tidigare 7 min 50 s vid brand i soffgrupp på scen. Således försämras utrymningstiden drygt en halv minut.

**Slutsats:** Det är mycket viktigt att samtliga utrymningsvägar hålls fria. Det är därför viktigt att poängtera vikten av bra förvaringsrutinerna då de kan ha en stor påverkan på utrymningsförloppet.

- *Förvaringen i trapphus 3 minskas.*

I trapphus 3 flyttas borden undan och endast mindre yta (2,5x2 m) används för förvaring. Detta ger resultatet i ny simulering vid brand i soffgrupp på scen att utrymningstiden vid östra utgången minskar med ca 40 s, från 6 min 10 s till 5 min 30 s. Den totala utrymningen tar dock fortfarande 7 min 50 s då köerna vid den västra utgången finns kvar.

Motsvarande förändring med minskad förvaring görs för förslaget ovan då gäster till östra delen av kongresshall leds in via östra entrén. Utrymningen genom den östra utgången går fortare, 6 min 30 s mot tidigare 7 min. Eftersom utrymning genom den västra utgången tar 6 min 50 s, minskar dock den totala utrymningstiden marginellt (ca 10 s). Kritiska förhållanden nås fortfarande innan utrymningen är avklarad.

Utifrån de två simuleringarna ovan kan slutsatsen dras att i ett scenario där de västra utgångarna blockeras av en brand, kommer vikten av fria utrymningsvägar i trapphus 3 bli mycket tydlig.

**Slutsats:** Simuleringarna visar inte några större tidsvinster, men det anses ändå viktigt att ingen förvaring sker i trapphus 3. Detta för att det inte alltid är säkert om de västra utgångarna går att använda och för att det kommer att vara svårt att kontrollera mängden förvarat materiel i trapphuset.

## 12. Slutsatser och förslag till åtgärder

Personsäkerheten på Wisby Strand är bra, men kan bli bättre. Byggnaden är väl sprinklad och goda utrymningsmöjligheter finns. Under arbetets gång har ett antal positiva punkter noterats i Wisby Strands arbete varav följande särskilt framhålls.

- Tydliga rutiner på personalens åtgärder vid larm.
- Aktivt arbeta med det systematiska brandskyddsarbetet.
- Kontinuerlig uppföljning av personalens kunskapsnivå med avseende på utrymning.

Trots att personalen är engagerad i säkerhetsarbetet och har inarbetade rutiner finns det brister i SBA med till exempel uppställda dörrar och belamrade trapphus. Bristen på rutiner för förvaring är en av de faktorer som skulle kunna äventyra säkerheten.

Om en kraftig brand utbryter under ett stort evenemang kan gjorda simuleringar dock inte garantera full personsäkerhet vid utrymning. För att full säkerhet skall kunna garanteras vid Wisby Strand **måste** följande förslag genomföras:

- Förvara ej väskor på hatthyllorna, skapa istället ett utrymme för bagageförvaring. Förslagsvis används ett av grupprummen.
- Vid utrymning av bankettsal leds gäster genom kongresshallen till trapphus 3, i syfte att få kortare utrymningstider.
- Gäster med sittplatser i östra delen av kongresshallen hänvisas vid evenemang in via östra ingången plan 3 i syfte att de skall välja trapphus 3 som utrymningsväg.
- Ej förvara materiel i utrymningsvägar, till exempel trapphus 3.
- Montera upp magnetkontakter i brandcells dörrar som tidigare ställts upp med kilar i syftet att bevara brandcellsindelning.
- Ytterligare arbeta med personalens förståelse för SBA i syfte att ständigt belysa vikten av ett fungerande systematiskt brandskydd och vilka konsekvenser det kan tänkas ge om det inte sköts.

För att ytterligare förbättra säkerheten **kan** följande åtgärder genomföras:

- Begränsa brandspridning i garderoben med t.ex. gipsskivor i eller borttagande av hatthyllor på vartannat rack i syfte att få ett långsammare brandförlopp.
- Komplettera sprinkler över scenen med ny rördragning så att nya sprinkler hamnar under akustikskivorna. Detta i syfte att erhålla en bättre sprinklerverkan.
- Modifiera draperiet bak i kongresshallen som blockerar nödutgången från kub 1, så att det ej hindrar nödutrymning.
- Skapa tydligare förvaringsrutiner i syfte att undvika förvaring på olämpliga ställen.

## Referenser

### Litteratur

- Drysdale, Dougal (1998) *An Introduction to Fire Dynamics*. John Wiley & Sons Ltd. Second Edition. Chichester. England
- Forney G., Jones W., Peacock R., Reneke P. (2005) *CFAST – Consolidated Model of Fire and Smoke Transport (Version 6), Technical Reference Guide*. NIST Special Publications 1026. Fire Research Division, U.S. Department of Commerce, Washington DC, USA
- Frantzych, Håkan (2001) *Tid för utrymning vid brand*. SRV Rapport P21-365/01, Räddningsverket, Karlstad
- Hirscler M M & Piansay T. (2007) *Survey of small-scale flame spread test results of modern fabrics*. Fire Mater. 2007;31:373-386
- Holmstedt, Göran & Nilsson, Daniel, (2007) *Kompendium i aktiva system – Detektion*. Rapport 7030. Brandteknik, Lunds tekniska högskola. Lund, Sverige.
- Johansson, Björn, *Analys av utrymnings säkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, Rapport 5135, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund 2004
- Kangedal, P. & Nilsson, D., *Fire safety on intercity and interregional multiple unit trains*, Rapport 5117, Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 2002
- Karlsson, Björn och Quintere, G. James (2000) *EFD, Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, USA
- Seader, J. & Einhorn, I. (1976) *Some Physical, Chemical, Toxicological and Physiological Aspects of Fire Smokes*. Sixteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA 1976:1423-1445.
- Särndqvist, Stefan (1993) *Initial Fires*, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.
- *Brandskyddshandboken*. Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005.
- *The SFPE handbook for Fire Protection Engineering*, 3<sup>rd</sup> edition, NFPA 2002

## **Internet**

- Eurovent Wolf  
Hämtad 17/11 2007  
[http://www.wolf-luftbehandling.se/pdf/eng\\_smoke\\_extract\\_fan%20ER.pdf](http://www.wolf-luftbehandling.se/pdf/eng_smoke_extract_fan%20ER.pdf)
- IKEA  
hämtad 13/11 2007  
<http://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/S19842690>
- National Institute of Standards and Technology, NIST  
Hämtad 20/10 2007  
<http://www.fire.nist.gov/fire/fires/sofa/sofa.html>

## **Föreläsningar**

- Frantzych, Håkan 2007 Simulex, utrymning
- Gojkovic, Daniel 2007 CFAST
- Nilsson, Daniel 2007 detektion, utrymning

## **Bildkällor**

- NIST  
Hämtad 20/10 2007  
<http://www.fire.nist.gov/fire/fires/sofa/sofa024.jpg>
- Citroën  
Hämtad 20/10 2007  
<http://www.citroen.se/CW4/AboutCitroen/History+of+Citro%C3%ABn/1980.htm>

Övriga bilder är fotograferade av författarna eller av Wisby Strand.





## BILAGA A – Brandscenariematrix

- Scenarion  
 - Kort beskrivning av scenariot. Samtliga scenarion utgår från att maximalt antal personer vistas i objektet.
- Slh.  
 - Bedömning av sannolikheten att scenariot inträffar. Scenarion rangordnade där 5 är troligast och 1 minst troligast.
- Konsekvens  
 - Sammanvägning av faktorema, brandbelastning, sprinkler, detektion, påverkan människor och spridningsrisk
- Brandbelastning  
 - Uppskattad brandbelastning.
- Sprinkler  
 - Finns sprinkler och hur bedöms den verka.
- Detektion  
 - Hur bedöms branden detekteras.
- Påverkan människor  
 - Hur bedöms branden påverka utrymning mm.
- Spridningsrisk  
 - Bedömning av hur branden kommer utvecklas på längre sikt.

### *Fet kursiv text = valda scenario*

Scenario	Slh.	Kons.	Brandbelastning	Sprinkler	Detektion	Påverkan människor	Spridningsrisk
<b><i>Garderob – middag</i></b> Brand utbryter i garderoben och större middag pågår i två plan.	3	Hög (+)	Mycket hög på grund av jackor och väskor.	Finns men sitter lågt och är delvis blockerad	Troligen snabb via sprinkler.	Personer i brandcell.	Stor brandbelastning och lågt i tak medför stor spridningsrisk.
<b><i>Kongresshall – scenen</i></b> Brand uppstår på scen då större evenemang pågår.	3	Hög	Låg - Hög Svärbedömd då den varierar med olika evenemang	Manuell utlösning vilket kan fördröja aktivering. Verkan begränsad pga blockerande scenutr. i tak.	Snabb – medel Detektor i tak och ev. visuell observation.	Panik? – många ser branden. 1 till 2 utrym. vägar blockerats?	Stor spridningsrisk då scenen gränsar till många utrymmen.
<b><i>Bankettsal – baren</i></b> Större middag pågår. Brand uppstår i soffgrupp i restaurangdel plan 3	3 (4)	Medel-hög	Medel (+) Soffgrupp som troligen spider sig till avskärmande drapperi	Finns och medelhögt i tak. Kan verka obehindrat	Via sprinkler	2 utrym.-dörrar blockerats. Panik? - många ser branden. Alkoholpåverkan.	Medel. Fler soffgrupper. Sprinkler torde verka bra.

Scenario	Slh.	Kons.	Brandbelastning	Sprinkler	Detektion	Påverkan människor	Spridningsrisk
Utställning markplan Brand uppstår i tillfällig utställning på markplan	2	Medel(+)	Låg - Hög Svårbedömd då den varierar med olika evenemang.	Finns och medelhögt i tak. Verkan god. Utställning kan blockera.	Snabb om sprinkler ej blockerad	Nödutgångar kan blockeras från aula alt utgångar till det fria.	Varierar med utställningen.
Aula - ljud- och ljusrum Brand pga elfel och gäster i aula.	2	Medel	Medel - Låg. Inte mycket brännbart.	Finns och lågt i tak. Troligen god verkan.	Snabb via sprinkler	Ev blockeras nödutgång i senare skede.	Stor då den kan ta sig till scenen där större brandbelastning finns.
Kontor Brand uppstår i kontorsutrymme plan 2	2	Låg	Medel Kontorsutrustning	Finns och lågt i tak	Snabb via rökdetektor alt sprinkler	Personer med god lokalkänedom. Gäster finns i andra brandceller.	Stor inom brandcell. Angränsande kontor.
Kök Brand uppstår i kök på plan 2	5	Medel (-)	Låg - Medel Inga gasspisar, ej mycket brännbart	Väl sprinklat med god verkan.	Snabb via rökdetektor	Uppställda dörrar medför rökfyllning av trapphus. Personer med god lokalkänedom. Gäster finns i andra brandceller.	Mindre pga stort kök, angränsande rum med låg brandbelastning (kyllrum motsv.)
Stofoförd västra Brand uppstår i föråställd utrustning i samma brandcell som aula.	1	Medel(+)	Hög - Medel. Stolar och mellantak i trä.	Högt i tak (13m) begränsad verkan pga väggar.	Sen pga högt i tak. Sen sprinkler-aktivering.	Branden kommer ej upplevas visuellt. Låg tid till rökfyllnad. Sprinkler begränsar troligen tillslut.	Två av väggar är brandcellsgräns. Tredje är gipskivor med ståreglar.
Trapphus 3 - Göteborg Anlagt brand i bord förvarade i trapphus 3.	2	Låg	Hög Stor mängd bord staplade i trapphuset.	Finns. Begränsad verkan mot lägre staplade bord.	Snabb via rökdetektor.	Egen brandcell. Ingen vistas i brandcellen. En nödutgång från aula blockeras.	Låg pga egen brandcell

## BILAGA B – Effektkurvor

### B.1 Effektkurva garderob

#### B.1.1 Spridning via strålning

Strålningen mot de närliggande racken kan tas fram genom strålningsberäkning platta-punkt i Drysdale (1998). Branden antas starta 1 meter upp och därför sätts flamhöjden till 1,7 m.

Infallande strålning till nästa rack beräknas genom att följa beräkningsgången i tab 2.7 Fire Dynamics (Drysdale 1998). Racken är 2,5 m breda och avståndet till nästa rack är 0,8 meter. Det strålande området delas in i 4 mindre delar för att få strålningen från mittpunkten. Varje skiva blir således  $\frac{1}{4}$  utav ursprungsstorleken. Synfaktorn för en platta tas fram och sedan adderas plattorna ihop. Flamtemperaturen antas till 1073 K (Drysdale 1998).

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,85}{1,25} = 0,68$$

$$\alpha = (L_1 \cdot L_2) / D^2 = (1,25 \cdot 0,85) / 0,8^2 = 1,66$$

$$\Phi = 0,16 \text{ (ur tab 2.7 i FD)}$$

Fyra plattor ger synfaktorn

$$\Phi_{tot} = 4 \cdot 0,16 = 0,64$$

Infallande strålning 0,8 m bort

$$q'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \Phi = 0,7 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1073^4 \cdot 0,64 \approx 34 \text{ kW/m}^2$$

Beräkningarna visar att branden kommer att spridas till de intilliggande racken då strålningen från branden till och med är högre än självantändning för trä, 29 kW/m<sup>2</sup> (Drysdale 1998).

Dessutom kommer en sådan kraftig brand ge upphov till mycket stora flammor och skapa en stor återstrålning från taket då flammorna kommer att breda ut sig där under och därmed öka den infallande strålningen ytterligare.

#### B.1.2 Aktiveringstid sprinkler

Programmet Detact T2 användes för att beräkna aktiveringstiden för sprinkler i garderoben med följande resultat:

##### Indata

Normaltemp:	20°C.
Aktiveringstemp:	68°C.
RTI:	50 (ms) <sup>1/2</sup>
Höjd till tak från brand:	2,7 m.
Sprinkleravstånd:	5 m.
$\alpha$ :	0,19 kW/m s <sup>-1</sup> .

##### Utdata

Aktiveringstid för $\alpha t^2$ :	95 s.
-----------------------------------	-------

### B 1.3 Effektkurvor

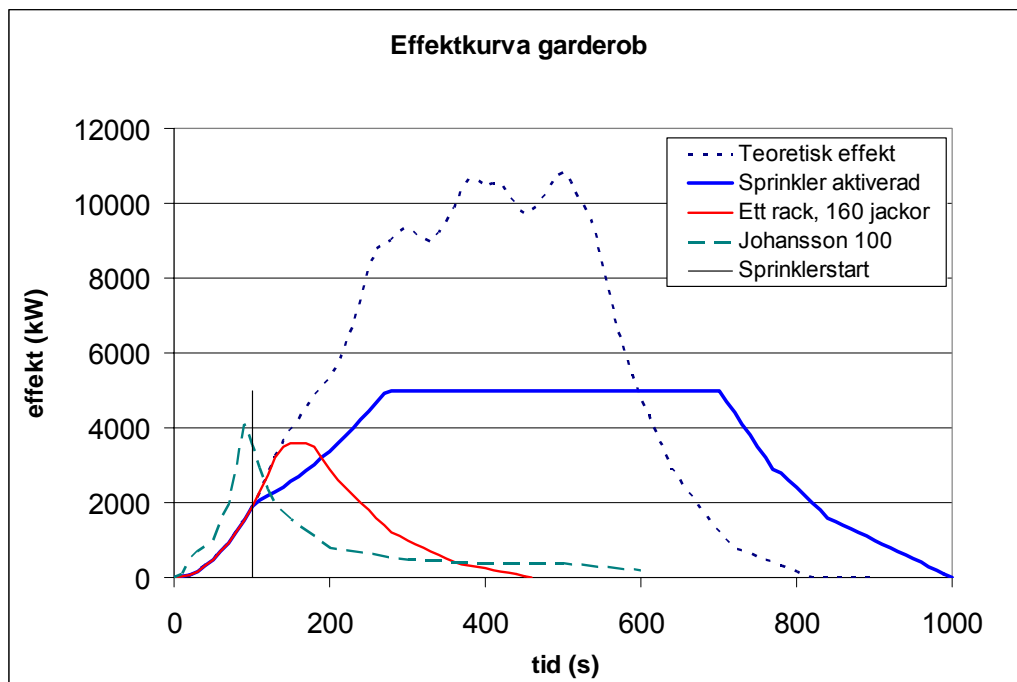


Diagram B.1

## B.2 Effektkurva barsoffa



Bild B.1 Sprinklernas uppskattade verkningsområde.

### B.2.1 Aktiveringstid sprinkler

Programmet DetactT2 användes för att beräkna aktiveringstiden för detektorerna i baren med följande resultat som presenteras nedan. Till detta adderas att det är en förskjutning med 90 s för att  $\alpha^2$ -kurvan skall kunna approximeras med branden i scenariot, se diagram B.2. Aktiveringstiden för sprinklern blir således 90 s större än för vad DetactT2 påvisar.

#### Indata

Normaltemp:	20°C.
Aktiveringstemp:	68°C.
RTI:	50 (ms) <sup>1/2</sup>
Höjd till tak från brand:	4 m.
Sprinkleravstånd:	5 m.
$\alpha$ :	0,19 kW/m s <sup>-1</sup> .

#### Utdata

Aktiveringstid för $\alpha^2$ :	113 s.
Aktiveringstid baren:	203 s. (113s+90s)

### B.2.2 Brandspridning via strålning

För att studera infallande strålning mot den andra soffan används tabell 2.7 i FD för att ta fram strålning för platta-punkt. Sprinklern aktiverar efter 203 s och efter det antas branden i soffan inte öka. En uppskattning av den flammhöjd som råder efter ca 200 s fås genom att studera bilderna från NIST försök med en soffa av liknande typ som står i baren på Wisbystrand, se bild B.2.



Bild B.2 Soffa efter 210 s. (NIST hemsida)

Flammans area uppskattas med hjälp av bilden ovan till en kvadrat med sidan 1,25 m, det vill säga halva soffans bredd.

Synfaktorn fås ur tabell 2.7 FD. Brandfronten delas in i två mindre delar och sedan adderas synfaktorena för dessa två för att få den totala synfaktorn från branden till en punkt mitt på den andra soffan.

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \frac{0,62}{1,25} = 0,50$$

$$\alpha = (L_1 \cdot L_2) / D^2 = (0,62 \cdot 1,25) / 1,5^2 = 0,34$$

$$\Phi = 0,072 \text{ (tab 2.7 FD)}$$

Då vi har två plattor blir synfaktorn

$$2\Phi = 2 \cdot 0,072 = 0,144$$

Infallande strålning 1,5 m bort

$$q'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \Phi = 0,7 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1073^4 \cdot 0,144 = 7,6 \text{ kW/m}^2$$

Med en infallande strålning på 7,6 kW/m<sup>2</sup> kommer soffan nummer två inte att antändas på grund av strålningen då den är lägre än de 13 kW/m<sup>2</sup> som krävs för att antända bomullstyg med sticklåga (Brandskyddshandboken). Dessutom kommer sprinkleraktivering att ytterligare hindra brandspridning i och med att soffan nummer två blöts ner.

### B.2.3 Effektkurvor

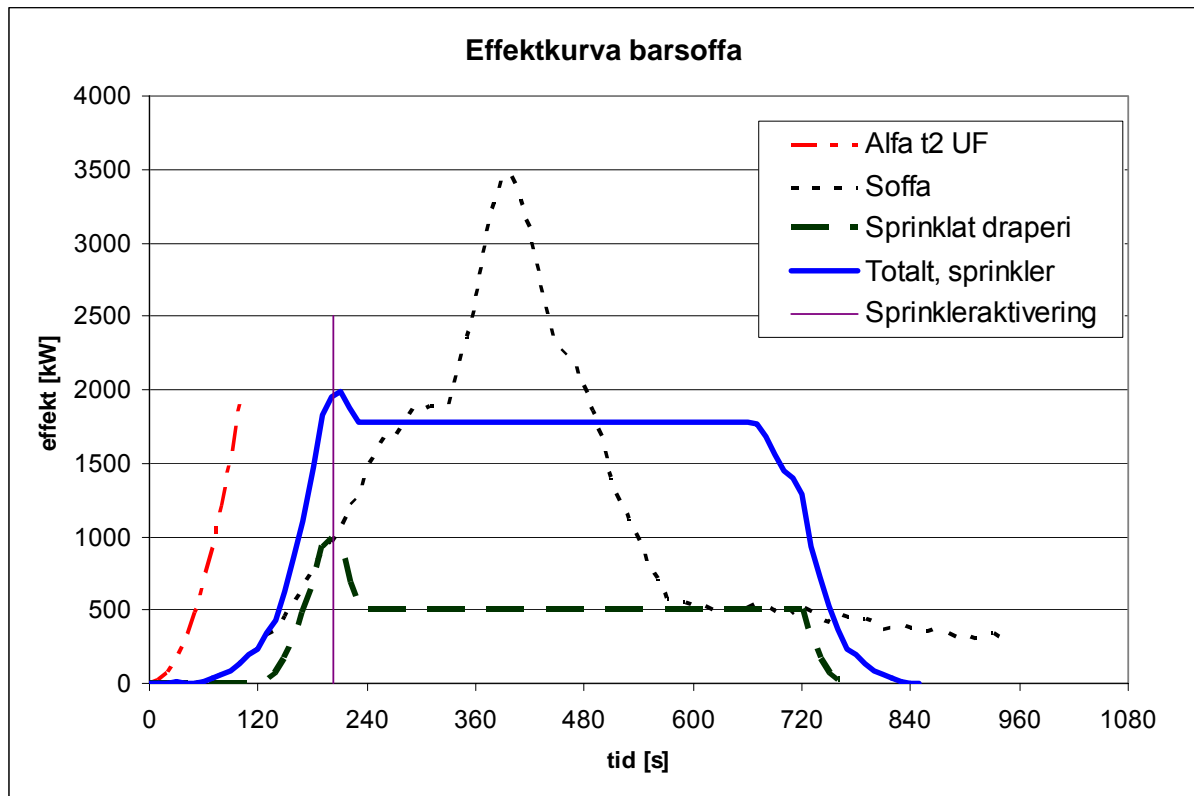


Diagram B.2

## B.3 Effektkurva scenen/soffgrupp

### B.3.1 Brandspridning soffgrupp

Efter 60 sekunder bedöms branden ha utvecklats så pass mycket att brandspridning sker till intilliggande soffa. Spridningen sker via flamspridning.



Bild B.3 Soffa efter 60 sekunders brand



Bild B.4 Soffa efter 90 sekunders brand

### B.3.2 Effektkurvor

Effektkurvan är framtagen med data från NIST hemsida. Soffa nummer två antänder efter 60 sekunder.

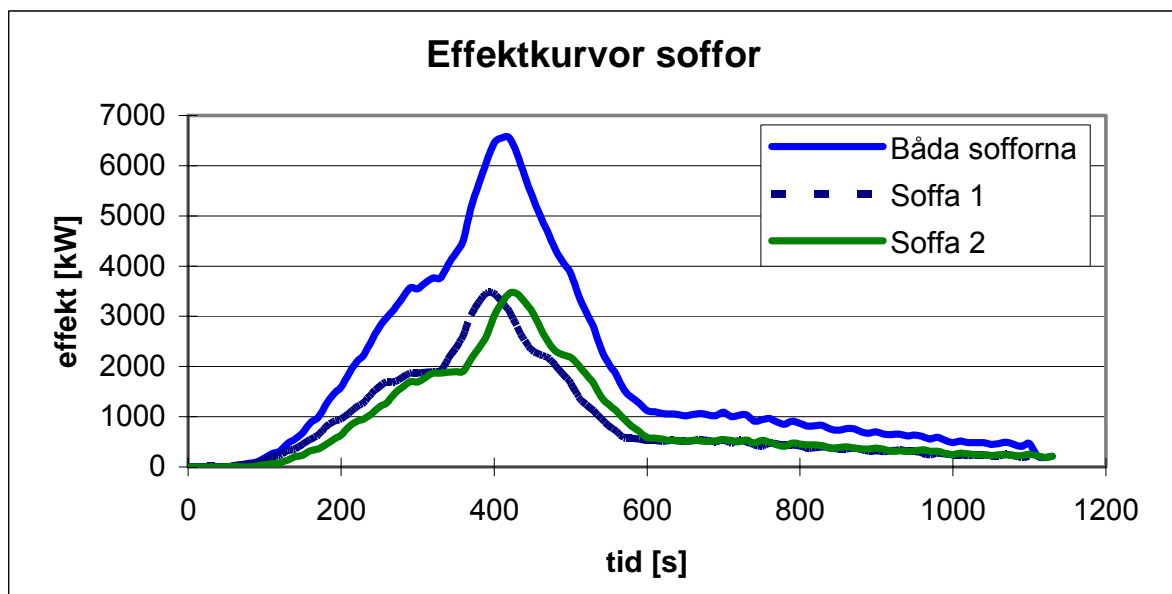


Diagram B.3



## B.4 Effektkurva scenen – förvaring

### B.4.1 Brandspridning förvaring

Genom att studera bildsekvenserna från NIST, se bild B.5-6, bedöms branden så pass utvecklad att den kommer att sprida sig till andra lastpallar som står intill, inom 2 - 4 min, via flamspridning. Brandspridning till nästa pallhög sätts därför till 3 min.



Bild B.5 Lastpall efter 120s. Effekt 150 kW

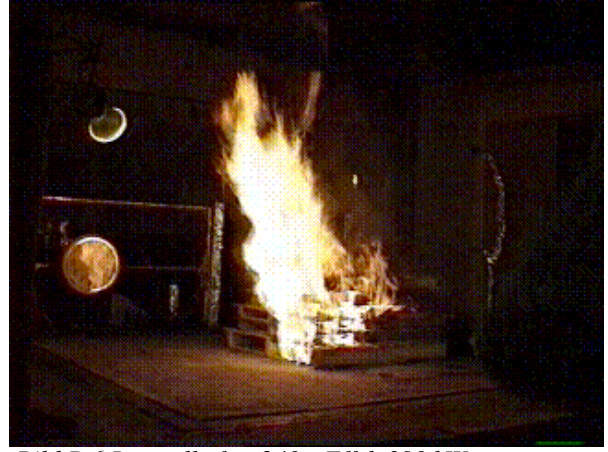


Bild B.6 Lastpall efter 240s. Effekt 390 kW

### B.4.2 Effektkurvor

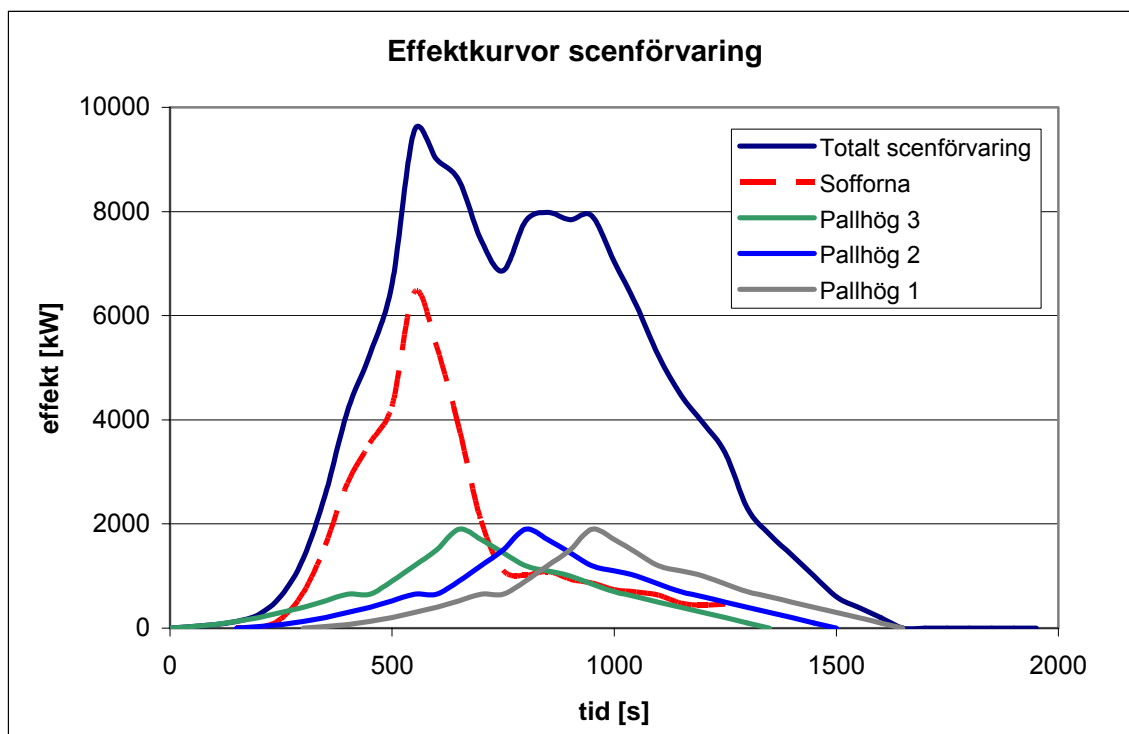


Bild B.4 Effektkurvorna som utgör grunden för scenförvaringsbrand. Pallhög 4 och 5 visas inte i grafen, men de betar sig exakt lika som pallhög 2 och 1.



## Bilaga C – Simulex indata

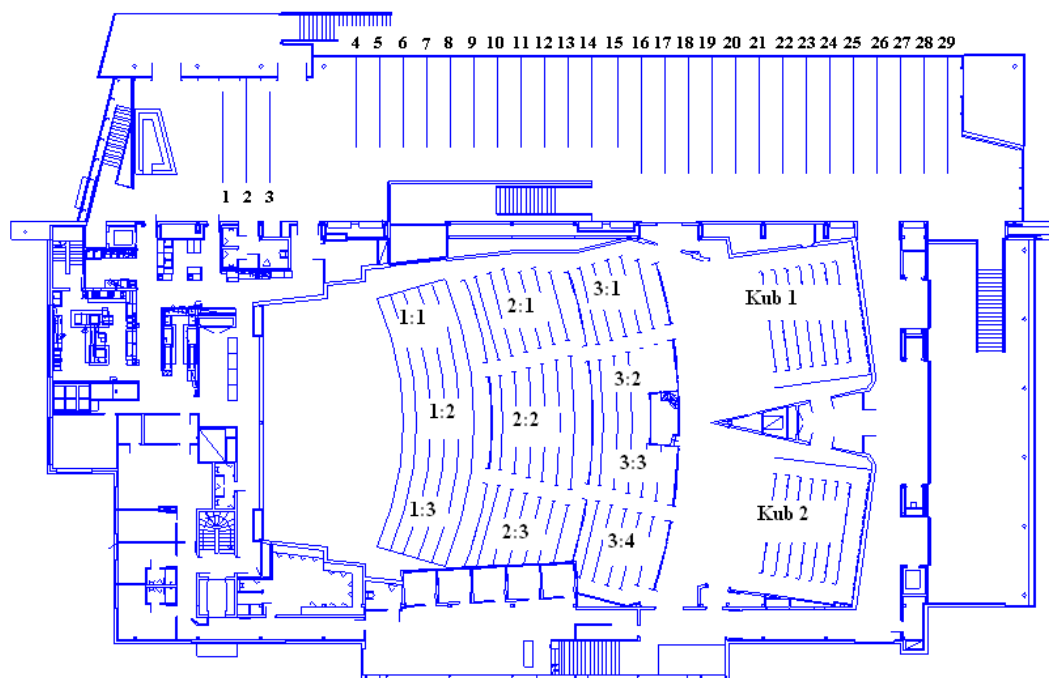


Bild C.1 Bords- och gruppnumrering vid simuleringar i Simulex plan 3. Funktionshindrade gäster är placerade mellan grupp 3:1-4 och kuber.

### Utgång

Havet

Huvudentré

Balkong vänster/höger

Plan 2 östra

Trapphus 3

*Den utgång individen söker sig till*

- Närmsta utgången i utställningshallen plan 2.

- Huvudentrén plan 2

- Utgångarna till uteservering plan 3

- Östra nödutgången ur kongresshall plan 2

- Östra nödutgången ur kongresshall plan 3

### Typ

*Personval i Simulex*

Tabell C.1

Brand i garderob					
Bord nr	Responstid	Avvikelsestid	Utgång	Antal individer	Typ
1-2	90	20	Balkong vänster	44	Office
3	90	20	Balkong höger	22	Office
4-9	70	20	Balkong höger	132	Office
10-12	70	20	Balkong vänster	66	Office
13-15	130	20	Balkong höger	66	Office
16-26	50	20	Havet	286	Office
27-29	30	10	Havet	78	Office
Plan 2 norr	30	10	Havet	150	Office
Plan 2 syd	50	20	Havet	150	Office

**Totalt 994**

Tiden 0 är när den svenska delen av larmet talats klart, det vill säga 30 sekunder efter att larmet aktiverats.

Tabell C.2

Brand i barsoffa					
Bord nr	Responstid	Avvikelsestid	Utgång	Antal individer	Typ
1-5	Används ej				
6-7	30	10	Havet	44	Office
8-11	50	20	Havet	88	Office
12-15	60	20	Havet	88	Office
16-17	80	20	Havet	52	Office
18-20	110	20	Huvudentré	78	Office
21-23	110	20	Huvudentré	78	Office
24-26	110	20	Huvudentré	78	Office
27-29	110	20	Huvudentré	78	Office
<b>Totalt</b>				<b>584</b>	

Tiden 0 är då draperiet börjar brinna, larmet går 80 sekunder senare.

Tabell C.3

Brand på scenen, kuber öppna					
Grupp	Responstid	Avvikelsestid	Utgång	Antal individer	Typ
1:1	30	20	Havet	50	Office
1:2	30	20	Havet	50	Office
1:3	30	20	Plan 2, östra	50	Office
2:1	50	20	Havet	55	Office
2:2	50	20	Havet	90	Office
2:3	50	20	Plan 2, östra	55	Office
3:1	60	20	Havet	60	Office
3:2	60	20	Havet	50	Office
3:3	60	20	Trapphus 3	50	Office
3:4	60	20	Trapphus 3	60	Office
Hkp	60	20	Havet	19	Elder
	60	20	Trapphus 3	7	Elder
Kub 1	70	20	Huvudentré	125	Office
	70	20	Huvudentré	90	Office
Kub 2	70	20	Huvudentré	75	Office
	70	20	Trapphus 3	135	Office
<b>Totalt</b>				<b>1021</b>	

Tiden 0 är när branden på scen blivit okontrollerbar ( $\approx 200$  kW).

Tabell C.4

Brand på scenen, kuber stängda					
Grupp	Responstid	Avvikelseid	Utgång	Antal individer	Typ
1:1	30	20	Havet	50	Office
1:2	30	20	Havet	50	Office
1:3	30	20	Plan 2, östra	50	Office
2:1	50	20	Havet	55	Office
2:2	50	20	Havet	87	Office
2:3	50	20	Plan 2, östra	55	Office
3:1	60	20	Havet	60	Office
3:2	60	20	Havet	50	Office
3:3	60	20	Trapphus 3	50	Office
3:4	60	20	Trapphus 3	60	Office
Hkp	60	20	Havet	19	Elder
	60	20	Trapphus 3	7	Elder
Kub 1	180	20	Huvudentré	85	Office
	180	20	Huvudentré	20	Office
Kub 2	180	20	Huvudentré	20	Office
	180	20	Trapphus 3	85	Office

**Totalt 803**

Tiden 0 är när branden på scen uppfattas som okontrollerbar ( $\approx 200$  kW), larmet aktiveras av personal 90 sekunder senare.



## BILAGA D – Simulex utdata

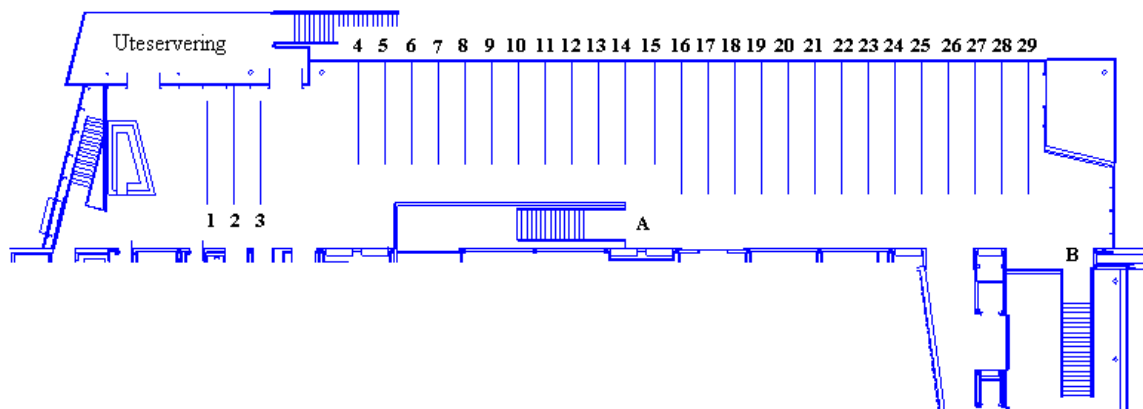


Bild D.1 Bord numrerade 1- 29 samt trappa A och B till markplan (plan 2).

Tabell D.1

Utrymning av bankett vid brand i garderob		
Tid (min:s)	Händelse	Kön till A i höjd med
0	Brand startar	
1:40	Sprinkler går och larmet aktiveras	
2:10	Larmmeddelandets svenska del uppspelad	
3:40	Sista gäst passerar norra utgången havet plan 2	
4:00		Bord 24
4:30		Bord 20
5:00		Bord 18
5:30		Bord 16
5:40	Sista gäst passerar utgång till uteserveringen plan 3	
6:00		Bord 15
6:20	Plan 3 utrymt	
6:50	Plan 2 utrymt (byggnad tom)	

Tabell D.2

Utrymning av bankett vid brand i barsoffa			
Tid (min:s)	Händelse	Kön till A i höjd med	Kön till B i höjd med
0:00	Brand startar		
2:00	Brand sprider sig till skynket		
3:20	Sprinklern samt larmet aktiveras		
3:30		Bord 9	
3:50	Larmmeddelandets svenska del uppspelad		
4:00		Bord 10	
4:30		Bord 10	Bord 23
5:00		Bord 12	Bord 25
5:30		Bord 14	Bord 26
5:50		Borta	
6:00			Bord 28
6:30	Plan 3 utrymt		

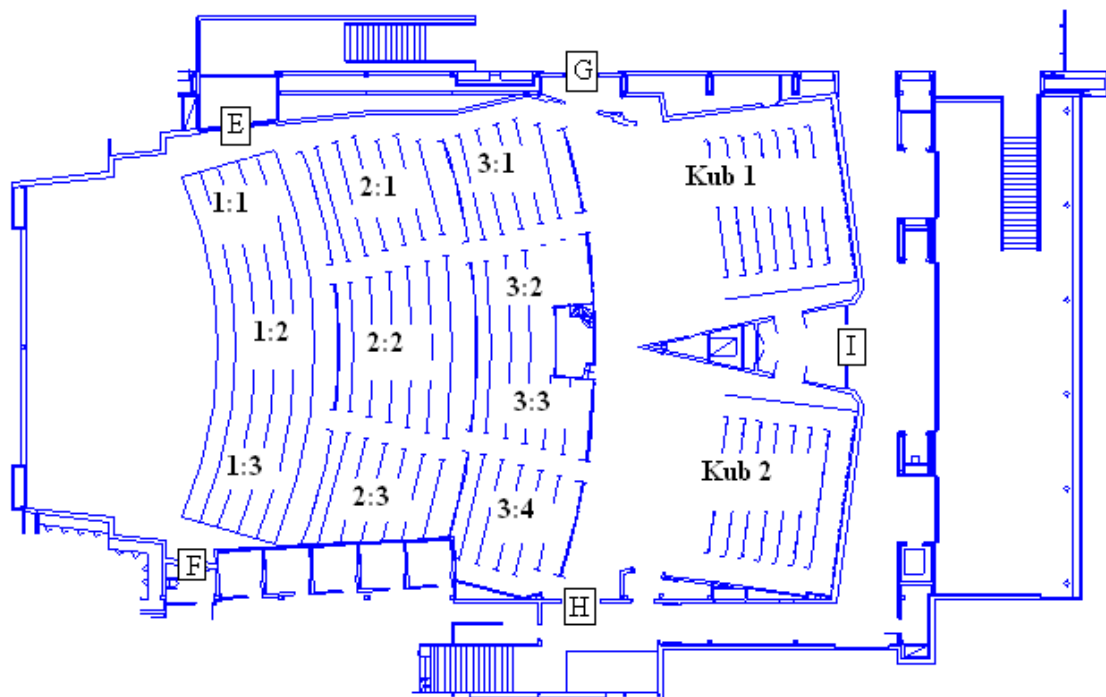


Bild D.2. Utgångar ur kongresshallen benämnda E – I.

Tabell D.3

Utrymning av kongresshallen vid brand på scenen, kuber öppna				
Neutral tid	Bil tid (min:s)	Soffgrupp tid (min:s)	Förvaring tid (min:s)	Händelse
	0	0	0	Brand startar
0:00	2:00	1:50	3:20	Upplevs som okontrollerbar, 200 kW
1:10	3:10	3:00	4:30	1:2 tömd
1:20	3:20	3:10	4:40	1:3 och 2:2 tömd
1:30	3:30	3:20	4:50	3:2 tömd
1:40	3:40	3:30	5:00	2:3 tömd
2:00	4:00	3:50	5:20	Sista gäst passerar utgång F 1:1 tömd
2:30	4:30	4:20	5:50	3:3 tömd
3:00	5:00	4:50	6:20	2:1 tömd 3:4 tömd
3:10	5:10	5:00	6:30	Sista gäst passerar utgång E
3:20	5:20	5:10	6:40	3:1 tömd
4:00	6:00	5:50	7:20	Kub 2 tömd
4:20	6:20	6:10	7:40	Sista gäst passerar utgång H
5:50	7:50	7:40	9:10	Kub 1 tömd
6:00	8:00	7:50	9:20	Kongresshallen utrymd



Tabell D.4

Utrymning av kongresshallen vid brand på scenen, kuber stängda				
<i>Neutral tid</i>	<b>Bil tid (min:s)</b>	<b>Soffgrupp tid (min:s)</b>	<b>Förvaring tid (min:s)</b>	<b>Händelse</b>
	0	0	0	Brand startar
0:00	<b>2:00</b>	<b>1:50</b>	<b>3:20</b>	Upplevs som okontrollerbar, 200 kW
1:10	3:10	3:00	4:30	1:2 tömd
1:20	3:20	3:10	4:40	1:3 och 2:2 tömd
1:30	3:30	3:20	4:50	Larmet aktiveras 3:2 tömd
1:40	3:40	3:30	5:00	2:3 tömd
2:00	4:00	3:50	5:20	Sista gäst passerar utgång F 1:1 och 3:3 tömd
2:20	4:20	4:10	5:40	3:4 tömd
2:30	4:30	4:20	5:50	Sista gäst passerar utgång H
3:00	5:00	4:50	6:20	2:1 tömd
3:10	5:10	5:00	6:30	Sista gäst passerar utgång E
3:40	5:40	5:30	7:00	Sista gäst passerar utgång I
4:20	<b>6:20</b>	<b>6:10</b>	<b>7:40</b>	Kongresshallen samt kuber utrymda

### **D.1 Känlighetsanalys brand i barsoffa**

Vid simuleringarna förutsetts att vissa personer som initialt väljer utrymma via trappan till utställningshallen kommer ändra sig och välja utgångarna vid uteserveringen istället.

Anledningen är att de senare utgångarna är fria medan mycket stor köbildning råder vid trappan några minuter in i utrymningsförloppet. Dessa drygt 60 pers (bord 13-15 se tabell C.1, Bilaga C) väljer nu istället att stå kvar. Detta medför att utrymningstiden ökar från 6 min 20 s till 6 min 40 s.

**Slutsats:** Utebliven vändning av flödet under utrymning av bankettsalen vid brand i garderob ger endast mindre försämring.



## Bilaga E – CFAST indata

Bränderna för de olika scenarierna följer de framräknade effektkurvorna. Massavbrinning och CO/CO<sub>2</sub> samt C/CO<sub>2</sub>-kvoter är valda utifrån liknande material i CFAST:s standardbränder.

### E.1 Brand i garderob samt brand i barsoffa

#### Rum - plan 2

benämning	bredd [m]	djup [m]	höjd [m]
entréhall	10,4	28,6	8,0
garderob	11,1	31,0	2,7
utställning 1	16,0	11,6	2,7
utställning 2	18,6	11,6	2,7
utställning 3	18,6	11,6	2,7
baren nedre	15,1	11,6	2,7

#### Rum - plan 3

benämning	bredd [m]	djup [m]	höjd [m]
bankett 1	16,0	11,6	4,5
bankett 2	16,0	11,6	4,5
bankett 3	17,0	11,6	4,5
baren övre	19,3	11,0	4,5
trapprum	6,7	6,7	0,5

Samtliga vägg- och takmaterial är satta till betong.

#### Öppningar för horisontellt flöde

från	till	sill [m]	soffit [m]	width [m]
entréhall	ute	0	2,2	0,9
entréhall	ute	0	2,2	0,9
entréhall	bankett 3	3,2	7,7	6,1
entréhall	bankett 3	3,2	7,7	3,3
garderob	entréhall	0	2,7	22,9
garderob	utställning 3	0	2,7	4,2
baren uppe	ute	0	2,2	2,1
baren uppe	ute	0	2,2	2,1
baren uppe	ute	0	2,2	1,3
utställning 1	baren nere	0	2,2	0,9
utställning 1	utställning 2	0	2,5	11,6
utställning 1	ute	0	2,2	2,4
utställning 2	ute	0	2,2	1,9
utställning 2	utställning 3	0	2,5	11,6
bankett 1	baren uppe	0	4,3	11,6
bankett 1	bankett 2	0	4,3	11,6
bankett 2	bankett 3	0	4,3	11,6

### Öppningar för vertikalt flöde

från	till	area [m <sup>2</sup> ]	form
bankett 1	trapprum	44	fyrkantig
trapprum	utställning 1	44	fyrkantig

## E.2 Brand i kongresshallen

### Rum

benämning	bredd [m]	djup [m]	höjd [m]
aula	25,0	35,0	13,0
kub 1	12,0	11,0	7,0
kub 2	12,0	11,0	7,0

Samtliga väggmaterial är satta till trä, gran och takmaterialet till mineralull.

### Öppningar för horisontellt flöde

från	till	sill [m]	soffit [m]	width [m]
aula	ute	4,0	6,5	2,0
aula	ute	4,0	6,5	2,0
aula	ute	0	2,0	2,0
aula	ute	0	2,0	2,0
aula	kub 1	4,0	11,0	12,0
aula	kub 2	4,0	11,0	12,0

### Öppning för vertikalt flöde

från	till	area [m <sup>2</sup> ]	form	öppnas efter [s]
aula	ute	1	fyrkantig	120
aula	ute	1	fyrkantig	120
aula	ute	1	fyrkantig	120

## E.3 Sprinklat garderobsrack

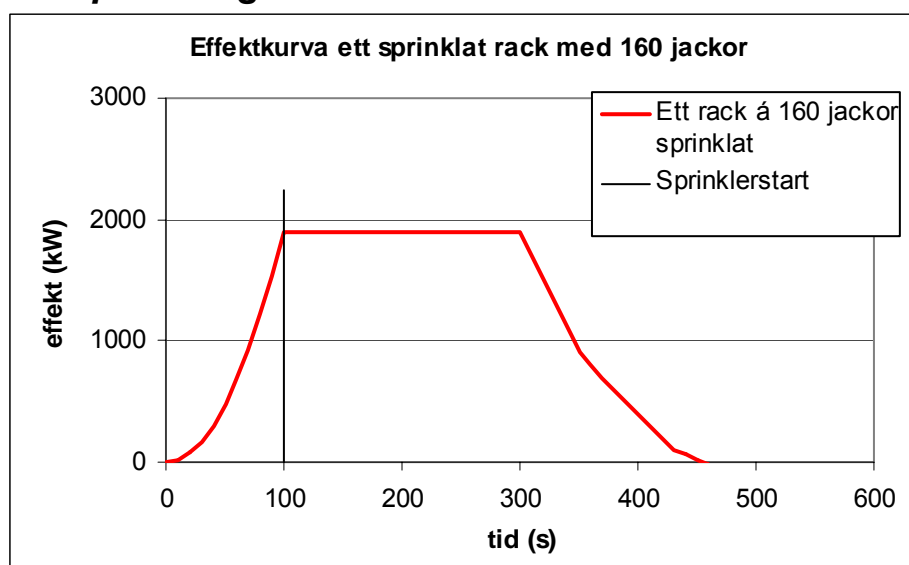


Diagram E.1

## Bilaga F – CFAST utdata

I nedanstående diagram visas brandgaslagrets höjd samt sikten under hela utrymningsförloppet. De övriga parametrarna så som strålning, temperatur och toxicitet har inte tagits med då de inte blev kritiska under utrymningsförloppet.

Som tidigare nämnts arbetar CFAST enligt tvåzonsmodellen vilket innebär att de redovisade värden bör tolkas med försiktighet. CFAST tar dessutom inte hänsyn till transporttider vilket gör att kritiska förhållanden uppstår snabbare än vad de förmodligen hade gjort vid ett verkligt brandförlopp. Det bör även kommenteras att de siktvärden som ges av CFAST syftar till sikten i brandgaslagret, sikten under detta är betydligt bättre. Då Wisby Strand dessutom har stora volymer är det tveksamt om det uppstår någon skiktning mellan brandgaslagren en bit bort från branden. Detta för att temperaturskillnaden där inte blir så stor.

### F.1 Brand i garderob, gäster i bankettsal

#### Sikt

Det anses inte rimligt att sikten skulle försämrats så drastiskt som diagrammet visar. Förmodligen kan det härledas som följdfel då det aktuella rummet är placerat ett antal rum från brandrummet.

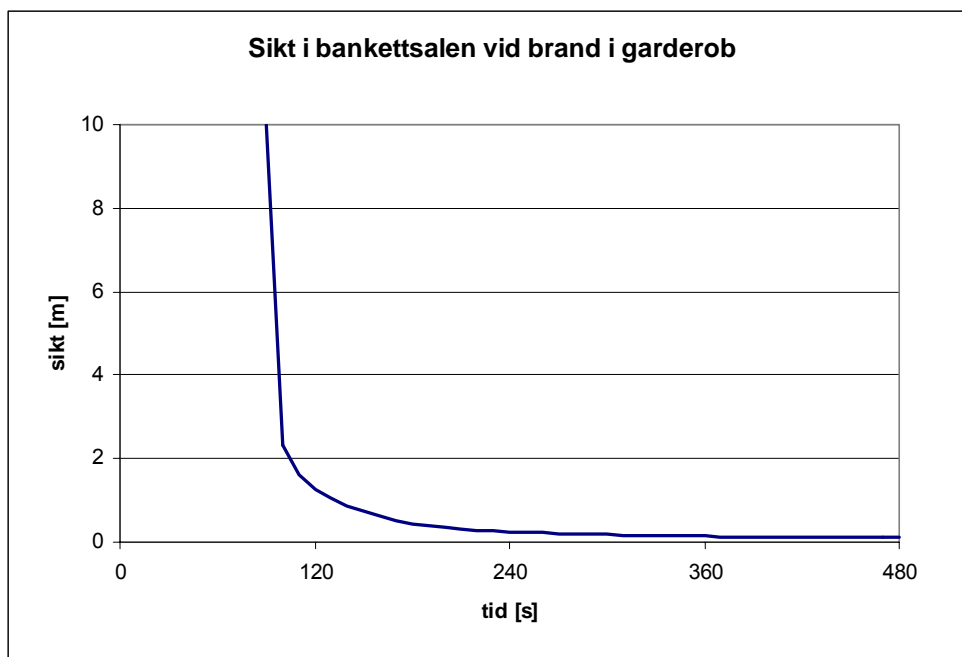


Bild F.1 Sikten som funktion av tiden i bankettsalen vid brand i garderob

## Höjd

Höjden är liksom sikten en faktor som påverkas av de följdfel som uppkommer vid simulering i CFAST då de aktuella rummen befinner sig långt ifrån varandra.

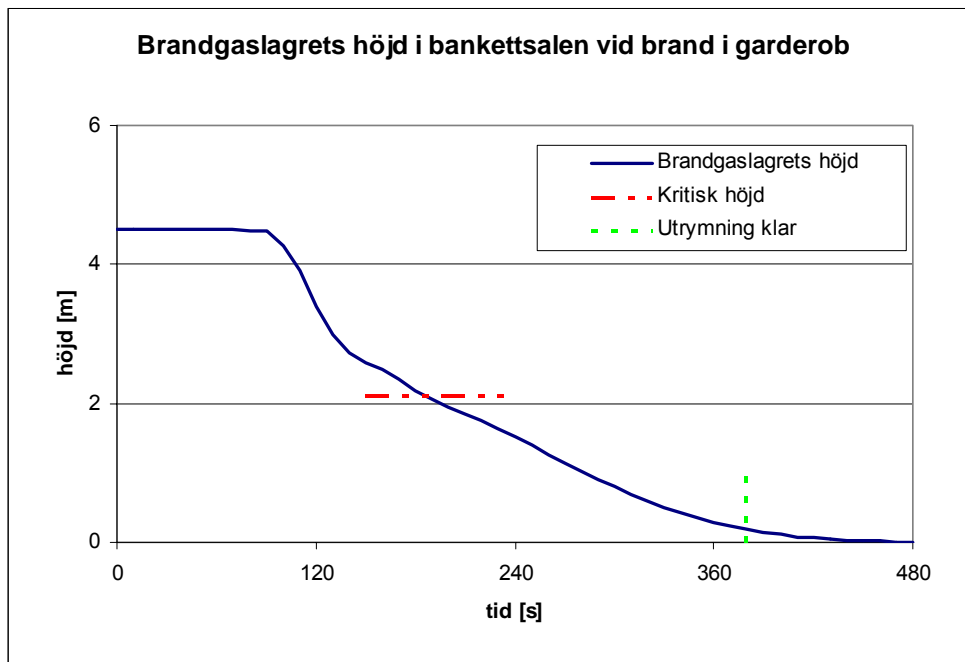


Bild F.2 Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden i bankettsalen vid brand i garderob

## F.2 Brand i barsoffa, gäster i bankettsal

### Sikt

Liksom tidigare anses den snabba siktminskningen vara orimlig. Dessutom har sikten mindre betydelse i detta scenario då brandgaslagrets höjd inte når kritisk nivå under utrymningsförloppet. (Se bild F:4)

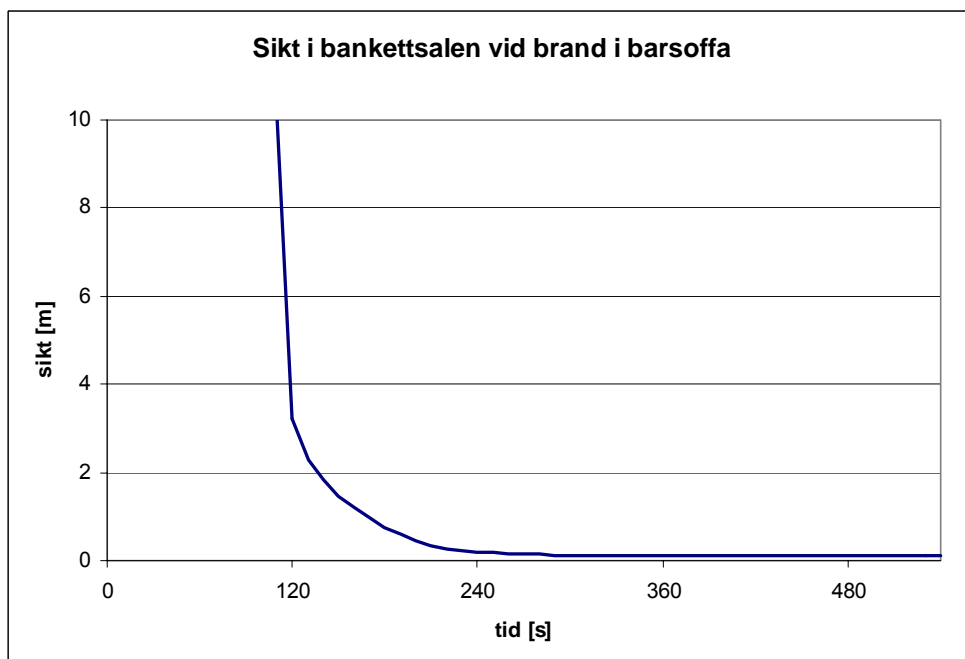


Bild F.3 Sikten som funktion av tiden i bankettsalen vid brand i barsoffa

## Höjd

I detta scenario finns branden nära den lokal där förhållandena studerats. Därför anses skiktningen mellan brandgaslagren här vara mer trolig.

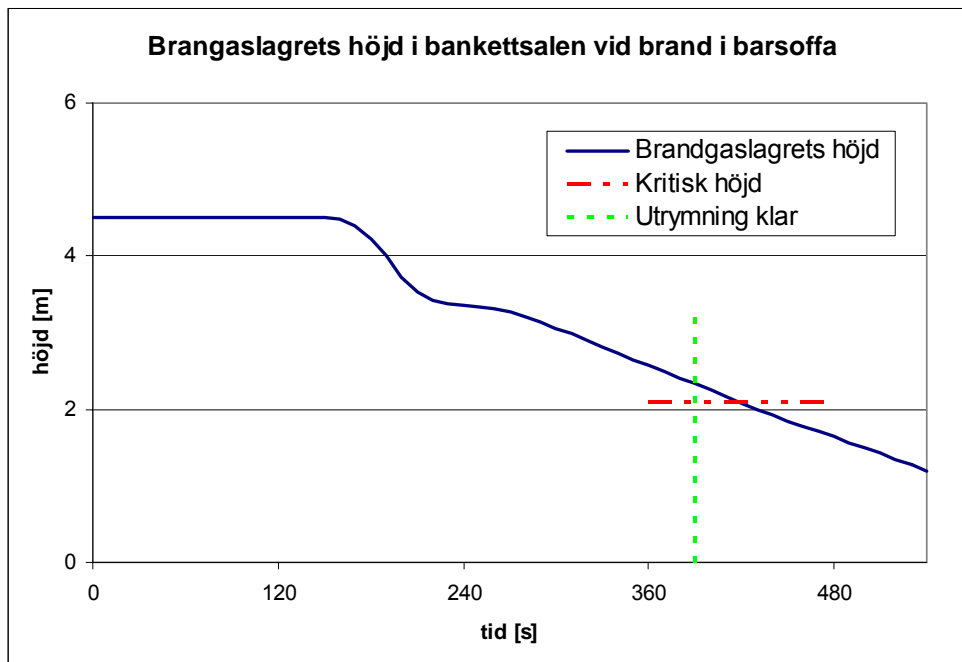


Bild F.4 Höjden som funktion av tiden i bankettsalen vid brand i barsoffa

## F.3 Brand i kongresshallen

### Sikt

Återigen kan rimligheten för dessa värden diskuteras. I det här scenariot är branden relativt liten i förhållande till rummets volym, åtminstone i början av brandförloppet. Som tidigare nämnts är det svårt att förutse exakt hur brandgaserna kommer att uppträda.

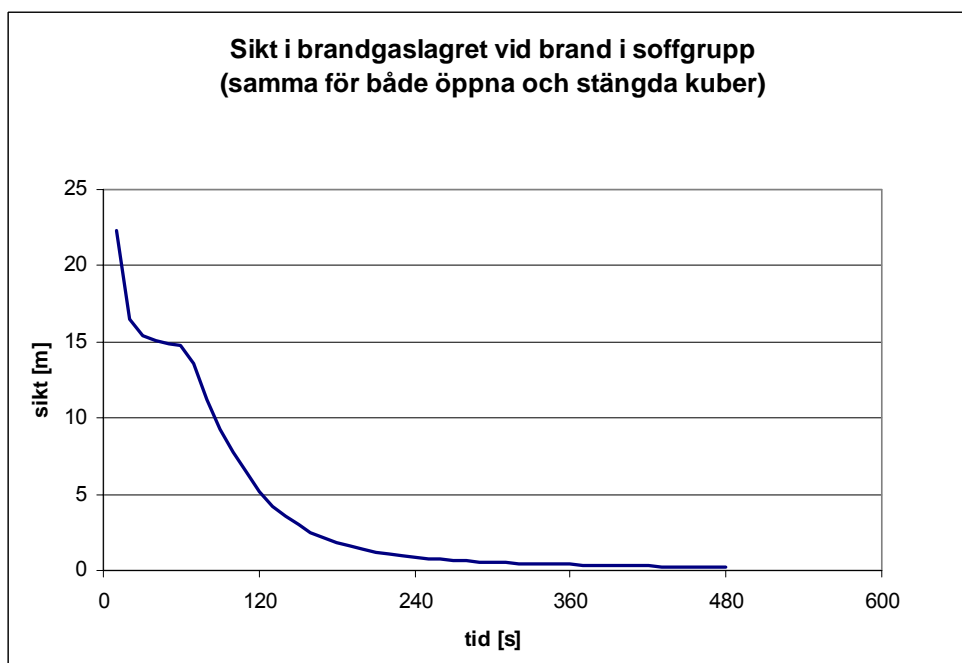


Bild F.5 Sikten som funktion av tiden i kongresshallen vid brand i soffgrupp

## Höjd

Här presenteras även den handberäknade höjden på brandgaslagret. Dock är det som nämnts ovan oklart hur brandgaserna kommer att uppträda.

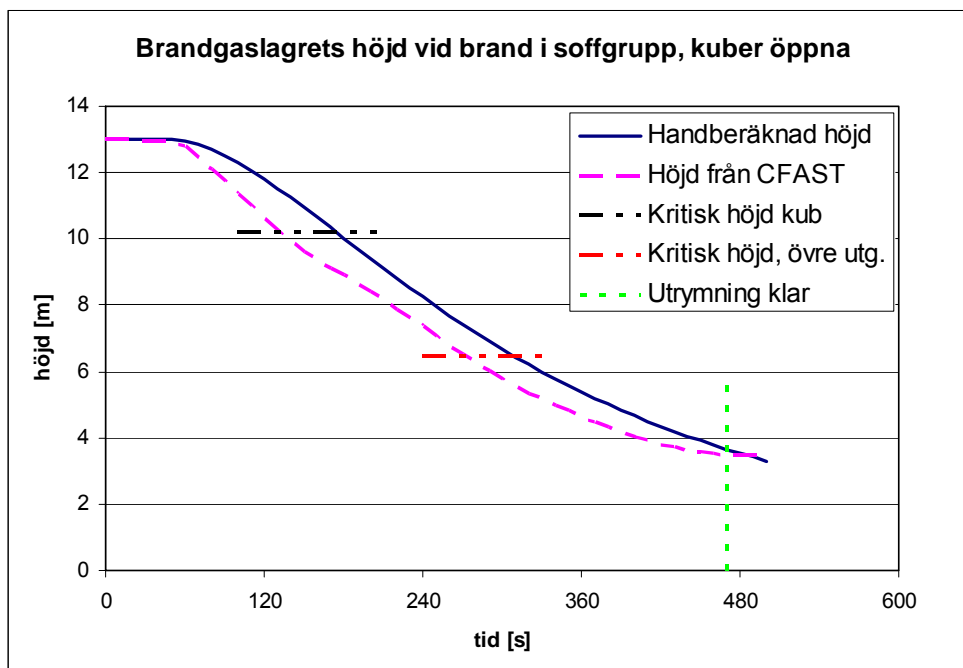


Bild F.6 Höjden som funktion av tiden i kongresshallen vid brand i soffgrupp, kuber öppna

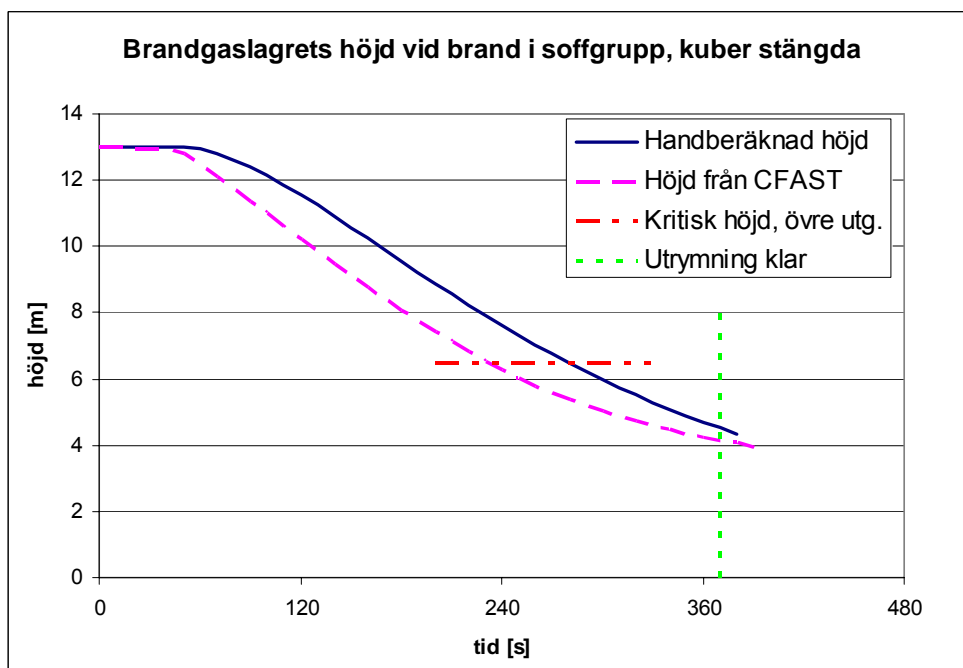


Bild F.7 Höjden som funktion av tiden i kongresshallen vid brand i soffgrupp, kuber stängda



# BILAGA G – Handberäkningar kritiska förhållanden

## G.1 Brand i garderob, gäster i bankettsal

### Toxicitet

Vid beräkningar av toxiciteten har det enbart antagits att diverse textilier brinner, i det här fallet hälften polyester och hälften bomull. Anledningen är att textilier producerar högre halt av toxiska ämnen än trä. Med hjälp av tiden för utrymningen och mängden frigjord energi, som integrerats fram från effektkurvan, har den förbrända massan beräknats.

I beräkningarna har följande värden använts:

$\Delta H_c$

Yielder

Bomull: 16,71 MJ/kg.  
Polyester: 23,8 MJ/kg.

Polyester:  $\gamma_{CO_2} = 1,65$   $\gamma_{CO} = 0,07$   
(Bara värden för polyester har använts, då de är högre)

$$\chi = 0,7$$

Den förbrända massan blir:

$$m_{bränsle} = \frac{Q}{\sum \Delta H_c \cdot \chi} = \frac{1113300}{(0,5 \cdot 16,71) \cdot 0,7 + (0,5 \cdot 23,8) \cdot 0,7} = 78,6 \text{ kg}$$

Med en känd mängd bränsle kan mängden producerad CO och CO<sub>2</sub> bestämmas.

$$m_{CO} = m_{bränsle} \cdot \gamma_{CO} = 78,6 \cdot 0,07 = 5,5 \text{ kg}$$

$$m_{CO_2} = m_{bränsle} \cdot \gamma_{CO_2} = 78,6 \cdot 1,65 = 129,7 \text{ kg}$$

Då de kritiska nivåerna är angivna i vol% samt ppm måste massorna omräknas till volymer. Det sker med hjälp av allmänna gaslagen

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow \rho = \frac{M \cdot p}{R \cdot T}$$

Vid beräkningarna har det antagits att normalt lufttryck råder, 101 300 Pa, eftersom utrymmet inte är helt slutet. Volymen har satts till den rumsvolym där brandgaser sprids, dvs. bankettsalen, övre baren samt den del av entréhallen som blir rökfylld, totalt 5000 m<sup>3</sup>. Temperaturen är satt till den högst uppmätta under utrymningsförloppet, 43°C.

$$\rho_{CO} = \frac{M_{CO} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot 101300}{8,314 \cdot 316} = 1,07 \text{ kg / m}^3$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{M_{CO_2} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{44 \cdot 101300}{8,314 \cdot 316} = 1,69 \text{ kg / m}^3$$

Volymerna respektive kvoterna blir sedan:

$$V_{CO} = \frac{m_{CO}}{\rho_{CO}} = \frac{5,5}{1,07} = 5,2 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol}\% CO = \frac{5,2}{5000} \approx 1040 \text{ ppm}$$

$$V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{\rho_{CO_2}} = \frac{129,7}{1,69} = 76,8 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol}\% CO_2 = \frac{76,8}{5000} \approx 1,6 \%$$

## Sikt

Då materialet i garderoben är av varierande slag, det finns både olika typer av textilier samt en mängd trägalgar. Bomull har en rökpotential på  $0,17 \text{ m}^2/\text{g}$  och värdet för polyester har uppskattats till  $0,8 \text{ m}^2/\text{g}$  utifrån värden på andra hårdplaster (SFPE). Trä har försumrats då det har en relativt låg rökpotential och utgör en liten del av bränslet. Sammantaget antas att värdet för  $D_0$  blir  $0,5 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Massan brunnit bränsle är densamma som vid beräkning av toxiciteten, det innebär att sikten beräknas vid den tidpunkt då plan 3 är utrymt. Volymen har satts likt den vid beräkningar av toxiciteten.

$$D_0 = 0,5 \text{ m}^2 / \text{g}$$

$$D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,5 \cdot 78600}{5000} = 7,86 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{sikten} = \frac{\ln 10}{D_L} = \frac{\ln 10}{7,86} \approx 0,2 \text{ m}$$

## Höjd

Takhöjden i bankettsalen är 4,5 meter och den kritiska höjden har beräknats enligt nedan.

$$1,6 + 0,1 \cdot 4,5 = 2,1 \text{ m}$$

## G.2 Brand i barsoffa, gäster i bankettsal

### Toxicitet

Enligt Simulex lämnar sista gästen plan 3 via trappan till utställningshallen efter 5 min 45 s. Den alternativa utrymningen från plan 3 sker via norra utrymningsvägen och den sista gästen passerar efter 6 min 35 s. Temperaturerna är de högst uppmätta vid respektive punkter,  $45^\circ \text{ C}$  respektive  $90^\circ \text{ C}$ . Hela rumsvolymen kommer inte att vara rökfylld men det finns möjlighet för rökgaserna att spridas över hela volymen vilket gör att värdet  $5000 \text{ m}^3$  används även här (jmf. garderobsscenario).

Med hjälp av tillhörande effektkurva har den frigjorda energin integrerats fram och därefter har den avbrunna massan vid de aktuella tiderna beräknats.

I beräkningarna har följande värden använts:

$\Delta H_c$ :

Yielder:

PUR-skum: 19 MJ/kg.

PUR-skum:  $\gamma_{CO_2} = 1,5$   $\gamma_{CO} = 0,031$

**Efter 5min 45 s:**

$$m_{br\ddot{a}nsle} = \frac{Q}{\Delta H_{c,eff}} = \frac{456000}{19} = 24,0 \text{ kg}$$

CO :

$$m_{CO} = m_{br\ddot{a}nsle} \cdot \gamma_{CO} = 24,0 \cdot 0,031 = 0,75 \text{ kg}$$

$$\rho_{CO} = \frac{M_{CO} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot 101300}{8,314 \cdot 363} = 0,93 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{CO} = \frac{m_{CO}}{\rho_{CO}} = \frac{0,75}{0,93} = 0,9 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO} = \frac{0,9}{5000} \approx 180 \text{ ppm}$$

CO<sub>2</sub> :

$$m_{CO_2} = m_{br\ddot{a}nsle} \cdot \gamma_{CO_2} = 24,0 \cdot 1,5 = 36,0 \text{ kg}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{M_{CO_2} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{44 \cdot 101300}{8,314 \cdot 363} = 1,47 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{\rho_{CO_2}} = \frac{36,0}{1,47} = 24,5 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO}_2 = \frac{24,5}{5000} \approx 0,5 \%$$

**Efter 6 min 35 s:**

$$m_{br\ddot{a}nsle} = \frac{Q}{\Delta H_{c,eff}} = \frac{538200}{19} = 28,4 \text{ kg}$$

CO :

$$m_{CO} = 28,4 \cdot 0,031 = 0,89 \text{ kg}$$

$$\rho_{CO} = \frac{M_{CO} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot 101300}{8,314 \cdot 318} = 1,07 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{CO} = \frac{m_{CO}}{\rho_{CO}} = \frac{0,89}{1,07} = 0,9 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO} = \frac{0,9}{5000} \approx 180 \text{ ppm}$$

CO<sub>2</sub> :

$$m_{CO_2} = 28,4 \cdot 1,5 = 42,5 \text{ kg}$$

$$\rho_{CO_2} = \frac{M_{CO_2} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{44 \cdot 101300}{8,314 \cdot 318} = 1,68 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{\rho_{CO_2}} = \frac{42,5}{1,68} = 25,3 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO}_2 \approx \frac{25,3}{5000} \approx 0,6 \%$$

## Sikt

Som tidigare nämnts antas stoppningen bestå av PUR-skum. Eftersom utrymningen sker via två olika vägar har sikten beräknats både vid trappan ned till utställningshallen samt den norra utrymningsvägen ned till entréhallen. Hela rumsvolymen kommer inte att vara rökfylld men det finns möjlighet för rökgaserna att spridas över hela volymen vilket gör att värdet 5000 m<sup>3</sup> används även här (jmf. garderobsscenario).

### Efter 5min 45 s:

$$D_0 = 0,22 m^2 / g$$

$$D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,22 \cdot 24000}{5000} = 1,06 m^{-1}$$

$$sikten = \frac{\ln 10}{D_L} = \frac{\ln 10}{1,06} \approx 2,1 m$$

### Efter 6 min 35 s:

$$D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,22 \cdot 28200}{5000} = 1,25 m^{-1}$$

$$sikten = \frac{\ln 10}{D_L} = \frac{\ln 10}{1,25} \approx 1,8 m$$

## Höjd

Takhöjden i bankettsalen är 4,5 meter och den kritiska höjden har beräknats enligt nedan.

$$1,6 + 0,1 \cdot 4,5 = 2,1 m$$

## G.3 Brand i kongresshall

För att få fram energimängden i branden har effektkurvan integrerats till den tidpunkt då utrymningen är klar. Tiden har kompenserats med 20 s + 35 s för att anpassa den approximerade  $\alpha t^2$ -kurvan till brandens kurva samt den transporttid av brandgaser som räknats fram.

Förbränningsentalpi:

PUR-skum:  $\Delta H_{c,eff} = 19 \text{ MJ/kg}$

Trä:  $\Delta H_{c,eff} = 15 \text{ MJ/kg}$

## Transport av brandgaser

Tiden för brandgastransporten har uppskattats med hjälp av hastigheterna för tak-jeten. Ingen hänsyn har tagits till transporten från branden till taket då den kommer gå relativt snabbt. Branden placerades 2 meter från bakre väggen på scenen och då den större, högre delen av kongresshallen är 35 meter lång beräknades den maximala transportsträckan längs taket till 35 meter.

Formeln

$$u_{\max} = \frac{0,195 \dot{Q}^{1/3} H^{1/2}}{r^{5/6}} \quad (\text{Karlsson, Quintiere 2000})$$

användes hela tiden då kriteriet  $r/H > 0,15$  uppfylls redan efter knappt 2 meter.

Då effekten som behövs beror av tiden valdes en ganska hög konstant effekt om 5 MW istället. Detta ger en för hög hastighet och för korta tider. Sedan räknades en hastighet ut för var femte meter och då den avtar med växande avstånd från branden har den hastigheten antagits gälla de föregående fem metrarna.

Tiden blir då enligt tabell G.1.

Tabell G.1 Transporttid

r [m]	$u_{\max}$ [m/s]	tid [s]
5	3,96	1,7
10	1,73	2,9
15	1,23	4,0
20	0,97	5,1
25	0,81	6,2
30	0,69	7,2
35	0,61	8,2
	$\Sigma$	$\approx 35$

## Toxicitet

Följande yielder har använts:

PUR-skum:  $\gamma_{CO_2} = 1,5$   $\gamma_{CO} = 0,031$

Trä:  $\gamma_{CO_2} = 1,2$   $\gamma_{CO} = 0,04$

## Kuber öppna:

Övre rad:

$$m_{\text{bränsle}} = 20,3 \text{ kg (endast PUR – skum förbränns)}$$

CO :

$$m_{\text{CO}} = m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{CO}} = 20,3 \cdot 0,031 = 0,63 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{CO}} = \frac{M_{\text{CO}} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot 101300}{8,314 \cdot 329} = 1,04 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{\text{CO}} = \frac{m_{\text{CO}}}{\rho_{\text{CO}}} = \frac{0,63}{1,04} = 0,61 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO} = \frac{0,61}{10900} \approx 56 \text{ ppm}$$

CO<sub>2</sub> :

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{CO}_2} = 20,3 \cdot 1,5 = 30,5 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{44 \cdot 101300}{8,314 \cdot 329} = 1,63 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\rho_{\text{CO}_2}} = \frac{30,5}{1,63} = 18,7 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO}_2 = \frac{18,7}{10900} \approx 0,2 \%$$

Övre utgång:

$$m_{\text{bränsle}} = 40,0 \text{ kg PUR – skum, } 16,7 \text{ kg trä}$$

CO :

$$m_{\text{CO}} = \sum (m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{CO}}) = 40,0 \cdot 0,031 + 16,7 \cdot 0,04 = 1,91 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{CO}} = \frac{M_{\text{CO}} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot 101300}{8,314 \cdot 356} = 0,96 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{\text{CO}} = \frac{m_{\text{CO}}}{\rho_{\text{CO}}} = \frac{1,91}{0,96} = 1,99 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO} = \frac{1,99}{10900} \approx 172 \text{ ppm}$$

CO<sub>2</sub> :

$$m_{\text{CO}_2} = \sum (m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{CO}_2}) = 40 \cdot 1,5 + 16,7 \cdot 1,2 = 80,1 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{44 \cdot 101300}{8,314 \cdot 356} = 1,51 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\rho_{\text{CO}_2}} = \frac{80,1}{1,51} = 53,00 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO}_2 = \frac{53,00}{10900} \approx 0,5 \%$$

## Kuber stängda:

$$m_{\text{bränsle}} = 24,7 \text{ kg (endast PUR – skum förbränns)}$$

CO :

$$m_{\text{CO}} = m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{CO}} = 24,7 \cdot 0,031 = 0,77 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{CO}} = \frac{M_{\text{CO}} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot 101300}{8,314 \cdot 310} = 1,00 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{\text{CO}} = \frac{m_{\text{CO}}}{\rho_{\text{CO}}} = \frac{0,77}{1,00} = 0,77 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO} = \frac{0,77}{9600} \approx 81 \text{ ppm}$$

CO<sub>2</sub> :

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{bränsle}} \cdot y_{\text{CO}_2} = 24,7 \cdot 1,5 = 37,1 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot p}{R \cdot T} = \frac{44 \cdot 101300}{8,314 \cdot 340} = 1,58 \text{ kg / m}^3$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\rho_{\text{CO}_2}} = \frac{37,1}{1,58} = 23,5 \text{ m}^3 \Rightarrow \text{vol\% CO}_2 = \frac{23,5}{9600} \approx 0,3 \%$$

## Sikt

De använda rökpotentialerna är:

PUR-skum: 0,22 m<sup>2</sup>/g

Trä: 0,08 m<sup>2</sup>/g

## Kuber öppna:

Övre rad:

$$m = 20,3 \text{ kg (endast PUR – skum förbränns)}$$

$$D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,22 \cdot 20300}{10900} = 0,41 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{sikten} = \frac{\ln 10}{D_L} = \frac{\ln 10}{0,41} \approx 5,6 \text{ m}$$

Övre utgång:

$$m = 40,0 \text{ kg PUR – skum, } 16,7 \text{ kg trä}$$

$$\left. \begin{aligned} D_{L,\text{PUR}} &= \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,22 \cdot 40000}{10900} = 0,81 \text{ m}^{-1} \\ D_{L,\text{trä}} &= \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,08 \cdot 16700}{10900} = 0,13 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \right\} D_{L,\text{tot}} = 0,94 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{sikten} = \frac{\ln 10}{D_L} = \frac{\ln 10}{0,94} \approx 2,4 \text{ m}$$

### Kuber stängda:

$m = 24,7 \text{ kg}$  (endast PUR – skum förbränns)

$$D_L = \frac{D_0 \cdot m}{V} = \frac{0,22 \cdot 24000}{10900} = 0,57 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{sikten} = \frac{\ln 10}{D_L} = \frac{\ln 10}{0,57} \approx 4,0 \text{ m}$$

### Höjd

Höjden från golvet till brandgaslagret, kan för en  $\alpha^2$ -brand beräknas enligt följande formel:

$$z = \left( k \frac{\alpha^{1/3} \cdot 2 \cdot t^{5/3}}{S \cdot 5} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} \quad (\text{ Karlsson, Quintiere 2000 }):$$

Till tiden subtraheras också en starttid om 20 s för att den approximerade  $\alpha^2$ -kurvan ska stämma med effektkurvan från försöken samt transporttiden om 55 s.

Formeln ovan bygger på antagna värden för brandgasernas densitet. Därför måste resultaten sedan valideras genom att beräkna densiteten med hjälp av den beräknade höjden. De framräknade värdena är acceptabla.

Använda värden:

$$k = 0,076 \quad (\text{då } \rho_g = 1,0)$$

$$\alpha = 0,045$$

$$t = 295, 315 \text{ respektive } 415 \text{ s}$$

$$S = 875 \text{ respektive } 1060 \text{ m}^2 \quad (\text{det senare är viktat över höjden})$$

$$H = 13 \text{ m}$$

$$\text{Kritisk höjd} = 8,4 + (\text{höjd till golvnivån} + 0,1 \cdot \text{takhöjd})$$

### Kuber öppna:

Övre rad:

$$\text{Höjd} = 5,5 \text{ m}$$

$$\text{Kritisk höjd} = 8,4 + (1,6 + 0,1 \cdot 2,6) \approx 10,3 \text{ m}$$

Övre utgång:

$$\text{Höjd} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Kritisk höjd} = 4,0 + (1,6 + 0,1 \cdot 9) \approx 6,5 \text{ m}$$

### Kuber stängda:

Övre utgång:

$$\text{Höjd} = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Kritisk höjd} = 0,5 + (1,6 + 0,1 \cdot 12,5) \approx 3,4 \text{ m}$$



# BILAGA H – Utrymningsenkät för personal Wisbystrand

Kvinna:   
Man:

Ålder: \_\_\_\_\_

## 1. Typ av anställning:

Heltid  Deltid  Timmar  Annan

Om Annan specificera: \_\_\_\_\_

2. Huvudsaklig arbetsuppgift: \_\_\_\_\_

## 3. Har du fått utbildning i hur du ska agera vid utrymning?

Ja  Nej

Om Ja, vilken typ av utbildning: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 4. Har du deltagit i någon utrymningsövning på Wisby Strand?

Ja  Nej

Kommentar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 5. Vet du hur utrymningslarmet låter?

Ja  Nej

Om Ja, hur: \_\_\_\_\_

## 6. Har du någon uppgift vid utrymning av byggnaden? (Om Nej gå vidare till fråga 8)

Ja  Nej

Om Ja, vilken? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 7. Hur säker känner du dig på din uppgift på en 6-gradig skala, där 1 är mycket osäker och 6 är mycket säker?

1                      2                      3                      4                      5                      6

Kommentar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 8. Hur hade du agerat vid ett ev. larm?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Tack för din hjälp!*

Enkäten kommer att användas som underlag till en rapport vid Brandingenjörsprogrammet,  
LTH



# BILAGA I – Översiktsritningar

Källare (plan 1) är ej medtaget.

Norr är åt höger i samtliga ritningar.

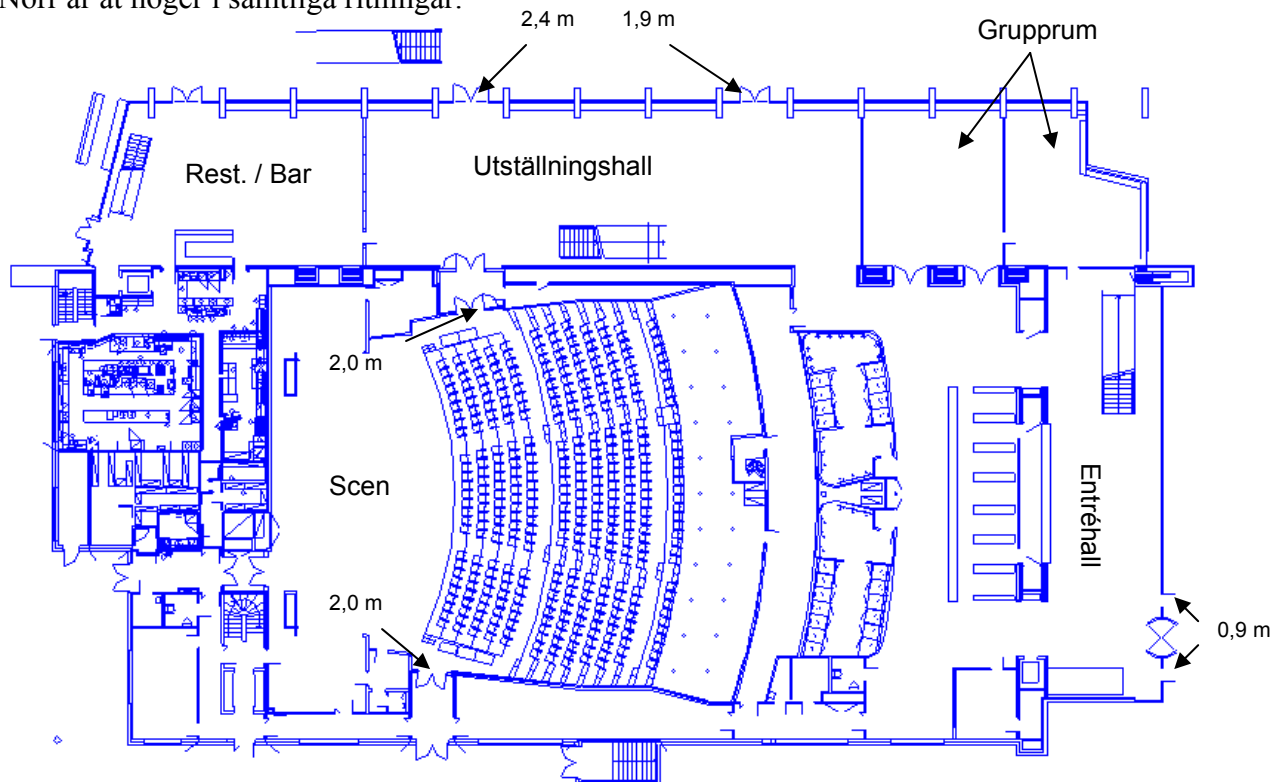


Bild H.1 Plan 2 – Markplan med entré, utställningshall och kongresshallens nedre del mm.

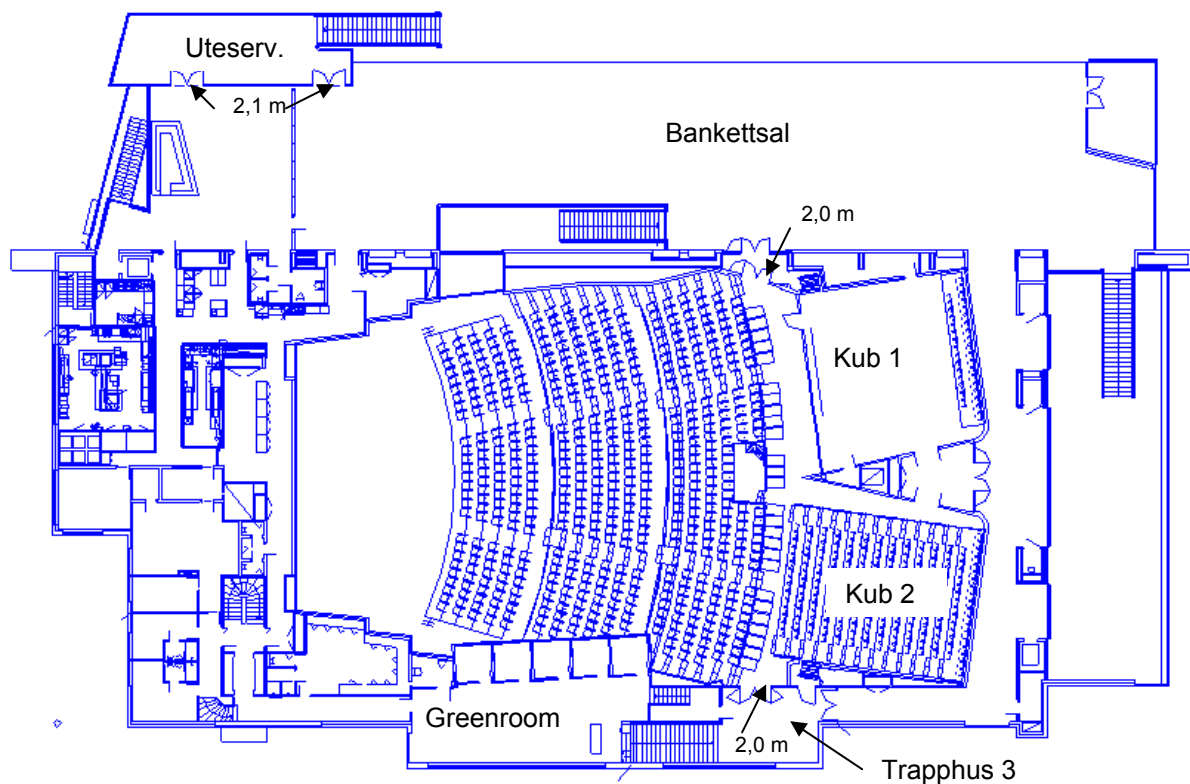
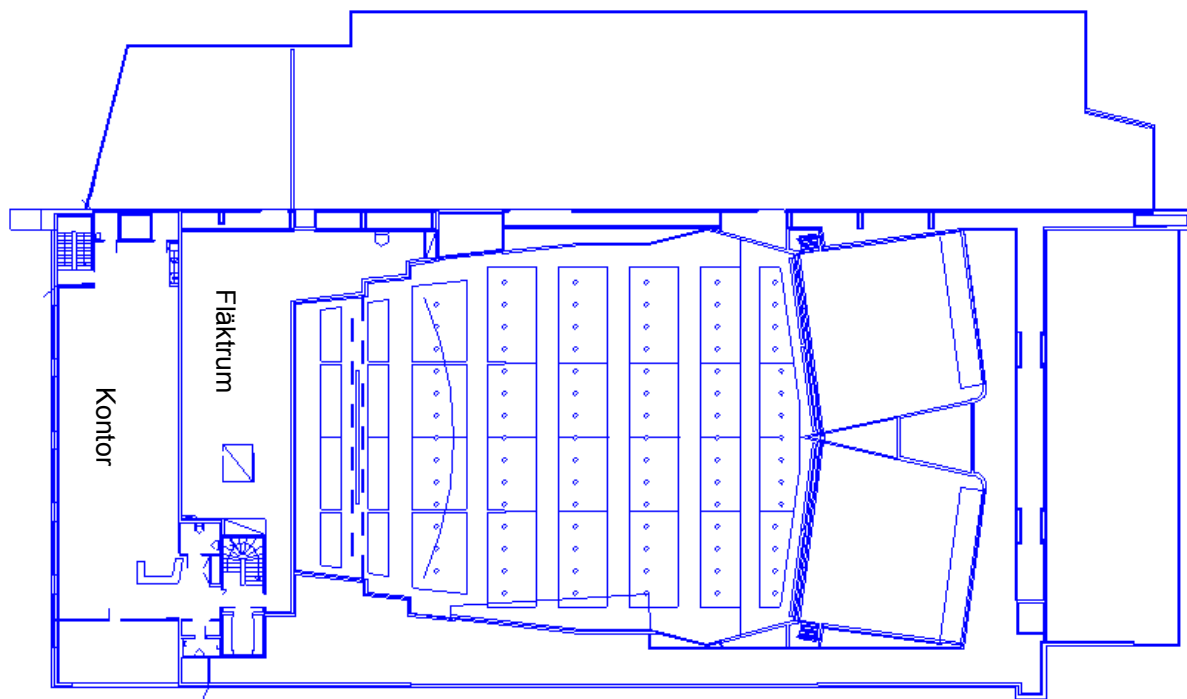
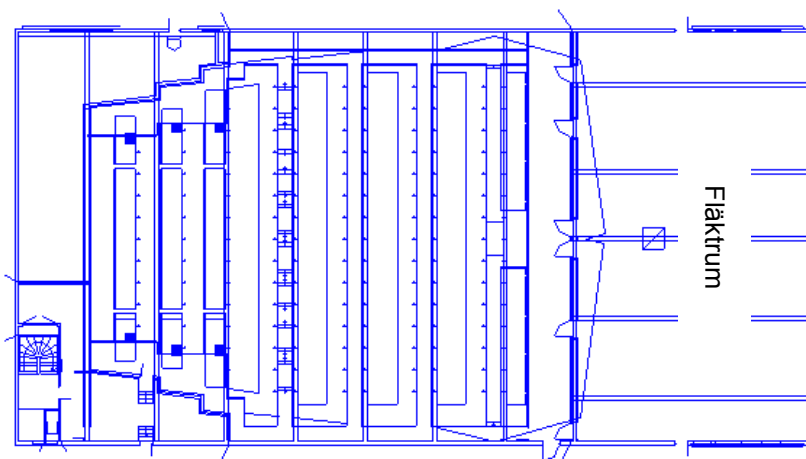


Bild H.2 Plan 3 – Bankettsal, kuber, trapphus 3, bar, uteservering och kongresshallens övre del mm.



*Bild H.3 Plan 4 – Kontor, fläktrum.*



*Bild H.4 Plan 5 – Fläktrum och takinstallationer i kongresshallen.*

