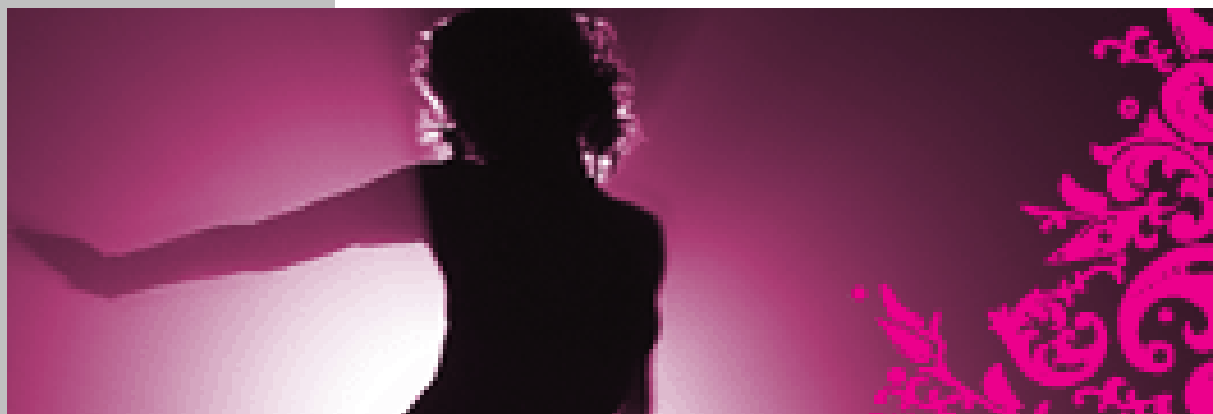




LUNDS  
UNIVERSITET  
Lunds Tekniska Högskola

# Brandteknisk riskvärdering av Birger Jarl i Uppsala



Christian Andersen  
Samuel Andersson  
Peter Arnevall  
Jakob Dahlqvist

---

Brandteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet

Department of Fire Safety Engineering  
Lund Institute of Technology, Sweden

Rapport 9295, Lund 2006



**Avdelningen för brandteknik**

Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund  
Telefon: 046-222 73 00  
Hemsida: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-mail: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Department of Fire Safety Engineering**

Lund Institute of Technology  
Box 118  
S-211 00 Lund, Sweden  
Telephone: 046-222 73 00  
Webpage: [www.brand.lth.se](http://www.brand.lth.se)  
E-mail: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Birger Jarl i Uppsala

**Title**

Fire Safety Evaluation of Birger Jarl, Uppsala

**Rapport/Report**

9295

© Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2006

**Av/By**

Christian Andersen  
Samuel Andersson  
Peter Arnevall  
Jakob Dahlqvist

Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2006  
Fire Safety Engineering Program, Lund Institute of Technology, 2006

**Abstract**

This project has been a part of the education of Fire Safety Engineers at Lund Institute of Technology. The purpose of this report is to evaluate the safety of the persons inside Birger Jarl in case of a fire. Birger Jarl is mostly used as a nightclub and can host up to 630 persons. The focus in this report is to evaluate the possibility of safe egress from the building in case of a fire and estimate potential hazards during the egress. It does not look into structural stability or property damage caused by a fire. The main threats have been considered as rapid smoke filling, increasing gas temperatures and decreasing visibility. In estimating the threats CFAST and Argos has been used. The modelling of the evacuations times were done in SIMULEX. Conclusions show that the safety of the persons evacuating the building in case of a fire does not meet a satisfactory level. Improvements to increase the safety of persons evacuating have to be done, suggestion of such is included in this report.

**Nyckelord**

Brandteknisk riskvärdering, utrymningssäkerhet, personsäkerhet, brand i nattklubb, Birger Jarl, kritiska förhållanden

**Keywords**

Fire Safety Evaluation, evacuation safety, life safety, fire in nightclub, Birger Jarl, critical conditions

Omslagsbild: Med tillstånd tagen från [www.birgerjarl.nu](http://www.birgerjarl.nu)

Följande rapport är framtagen i undervisning. 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.



## Sammanfattning

Denna rapport är framtagen i syfte att utvärdera personsäkerheten på Birger Jarl under nattklubsverksamheten. Bedömningen görs utifrån ett brandtekniskt perspektiv för att utvärdera ifall utrymningen kan säkerställas vid en eventuell brand.

Byggnaden Birger Jarl huserar i uppfördes år 1865 och är idag kulturmärkt. Under årens lopp har byggnaden genomgått diverse ombyggnationer, då verksamheten har ändrat karaktär åtskilliga gånger. Byggnaden är belägen i Uppsala centrum i Uppsala kommun.

Birger Jarls verksamhet utgörs i nuläget av i huvudsak nattklubsverksamhet, men även andra evenemang som större middagar anordnas. Ur personsäkerhetssynpunkt är nattklubsverksamheten av störst intresse, eftersom det är då som den högsta möjliga persontätheten i byggnaden uppnås och således representerar det allvarligaste fallet.

I rapporten har åtta troliga brandscenarier valts ut, därefter har dess uppkomst och utsträckning studerats samt i vilken grad personsäkerheten påverkats.

Av de olika scenarierna bedömdes initialt att tre var mest intressanta, ur personsäkerhetssynpunkt, och dessa analyseras mer djupgående. De djupgående analyserna baseras på beräkningar i olika simuleringsprogram och handberäkningar varefter resultatet kritiskt analyseras och bedömning av personsäkerheten görs.

I de fem övriga scenarierna har inga beräkningar gjorts utan de baseras på ingenjörsmässiga bedömningar följda av en diskussion.

Simuleringarna visar att i flera av scenarierna kan säker utrymning **inte** garanteras. Därför listas i rapporten ett antal krav som *skall* eller *bör* uppfyllas för att säkerheten i byggnaden ska uppnå en acceptabel nivå, där de viktigast är:

- Det befintliga detektionssystemet *skall* byggas ut och kompletteras med detektorer i samtliga utrymmen som en brand kan uppstå i.
- Öppningarna från baren till entrérummet och garderoben *skall* breddas samt att den sydöstra öppningen *skall* öppnas helt och breddas.
- Det *skall* installeras sprinkler i samtliga publika delar av Birger Jarl.
- DJ-båset i stora salen *skall* flyttas.
- Släckredskapen *skall* rensas från material som täcker dem.

Dessa åtgärdsförslag har validerats för att påvisa i vilken utsträckning de inverkar på utrymningen.



## Förord

Under skrivandets gång har en rad olika människor bidragit till denna rapport med kunskap, information och tid. Ett särskilt tack till Johan Lindh och hans personal på Birger Jarl för ett mycket trevligt objektsbesök och som sedan mer än gärna svarat på frågor. Vi vill även rikta ett stort tack till brandingenjör Veronica Ögren och övrig personal vid Uppsala brandförsvaret för ett mycket trevligt bemötande vid vår vistelse i Uppsala.

Tack även till Sven-Ingvar Granemark för teknisk support i brandlabbet, Lars Jensen för hjälp med ventilationsritningar samt Marcus Abrahamsson, Håkan Frantzich, Daniel Gojkovic, Robert Jönsson och övrig personal vid avdelningen för brandteknik LTH. Vi vill även tacka Andreas Gustavsson för hjälp med CAD-ritningar.

Slutligen vill vi rikta ett stort tack till vår handledare vid LTH, brandingenjör Johan Rönmark, som hjälpt oss på alla sätt och vis.

Lund, december 2006

*Christian, Samuel, Peter & Jakob*





---

## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	5
1.1 Syfte och mål .....	5
1.2 Målgrupp och utformning .....	5
1.3 Metod .....	5
1.4 Avgränsningar.....	6
2. Objektsbeskrivning .....	7
3. Förutsättningar för räddningstjänsten .....	11
4. Befintligt brandskydd.....	13
4.1 Systematiskt brandskyddsarbete .....	13
4.2 Brandcellsindelning och ytskikt.....	14
4.3 Släckutrustning .....	14
4.4 Larm och detektorer.....	15
4.5 Utrymningsvägar.....	16
4.6 Personalrutiner i händelse av brand .....	17
4.7 Ventilationssystem.....	17
5. Utrymning.....	19
5.1 Kritiska förhållanden .....	19
5.2 Tid för utrymning.....	20
5.2.1 Varseblivning.....	20
5.2.2 Beslut och reaktion .....	20
5.2.3 Förflyttning .....	21
5.3 Utrymning vid Birger Jarl.....	21
5.3.1 Befintliga utrymningsvägar .....	21
5.3.2 Gångavstånd till utrymningsväg .....	23
5.3.3 Passagemått i utrymningsväg.....	23
5.3.4 Vägledande markering .....	23
5.3.5 Personer med funktionsnedsättning .....	24
5.4 Människans beteende vid brand.....	24
6. Beskrivning av simuleringsprogram .....	27
6.1 CFAST och Argos.....	27
6.1.1 Allmänt om programmen.....	27
6.1.2 Användningsområde och begränsningar.....	28
6.1.3 Fördelar och nackdelar med tvåzonsmodeller .....	29
6.2 Simulex .....	30
6.2.1 Begränsningar .....	30
6.2.2 Användningsområde .....	31
7. Den dimensionerande branden.....	33
7.1 Effektutveckling med hjälp av massavbrinningen.....	33
7.2 Effektutveckling med hjälp av $\alpha^2$ .....	34
8. Val av brandscenarion.....	35
9. Brand i garderob .....	37
9.1 Dimensionerande brand .....	37

---

9.2 Förutsättningar för CFAST .....	39
9.3 Resultat från CFAST.....	39
9.4 Förutsättningar för Argos.....	42
9.5 Resultat från Argos .....	42
9.6 Förutsättningar för Simulex .....	42
9.7 Resultat från Simulex.....	43
9.8 Personssäkerhetsanalys.....	45
10. Brand i stora salen.....	47
10.1 Dimensionerande brand .....	47
10.2 Förutsättningar för CFAST .....	49
10.3 Resultat från CFAST.....	50
10.4 Förutsättningar för Argos.....	52
10.5 Resultat från Argos .....	52
10.6 Förutsättningar för Simulex .....	52
10.7 Resultat från Simulex.....	53
10.7.1 Simulering utan att elen bryts .....	53
10.7.2 Simulering då elen bryts .....	55
10.7.3 Simulering med stor dörröppning i den sydöstra entrén till byggnaden .....	57
10.7.4 Sammanfattning av resultat från Simulex.....	57
10.8 Personssäkerhetsanalys.....	57
11. Brand i källare.....	59
11.1 Dimensionerande brand .....	59
11.2 Förutsättningar CFAST.....	60
11.3 Resultat från CFAST.....	60
11.4 Förutsättningar för Simulex .....	61
11.5 Resultat från Simulex.....	61
11.6 Personssäkerhetsanalys.....	61
12. Övriga scenarion .....	63
12.1 Brand på ovanvåningen i den östra flygeln.....	63
12.1.1 Beskrivning av rum.....	63
12.1.2 Förutsättningar och antaganden .....	63
12.1.3 Personssäkerhetsanalys.....	64
12.2 Brand på ovanvåningen i den västra flygeln.....	64
12.2.1 Beskrivning av rum.....	64
12.2.2 Förutsättningar och antaganden .....	65
12.2.3 Personssäkerhetsanalys.....	65
12.3 Brand i köket.....	66
12.3.1 Beskrivning av rum.....	66
12.3.2 Förutsättningar och antaganden .....	66
12.3.3 Personssäkerhetsanalys.....	68
12.4 Brand på uteserveringen .....	68
12.4.1 Beskrivning av uteserveringen.....	69
12.4.2 Förutsättningar och antaganden .....	69
12.4.3 Personssäkerhetsanalys.....	71
12.5 Brand i förråd .....	71
12.5.1 Beskrivning av rum.....	71

12.5.2 Förutsättningar och antaganden .....	72
12.5.3 Personsäkerhetsanalys.....	72
<b>13. Känslighetsanalys .....</b>	<b>73</b>
13.1 Brand i garderob .....	73
13.2 Brand i stora salen.....	74
13.3 Brand i källare.....	75
<b>14. Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>77</b>
14.1 Larm och detektorer .....	78
14.2 Sprinkler.....	78
14.3 Brand i garderoben.....	79
14.4 Brand i stora salen.....	80
14.5 Brand i källare.....	81
14.6 Brand på ovanvåningen i den östra flygeln.....	82
14.7 Brand på ovanvåningen i den västra flygeln.....	82
14.8 Brand i köket.....	82
14.9 Brand på uteserveringen .....	83
14.10 Brand i förråd .....	83
14.11 Slutsatser .....	84
<b>15. Förslag till åtgärder .....</b>	<b>87</b>
15.1 Skall krav .....	87
15.2 Bör krav .....	88
15.3 Validering av åtgärdsförslag .....	89
15.3.1 Bredare utrymningsvägar.....	89
15.3.2 Omplacering av dj-båset .....	90
15.3.3 Detektion och larmsystem.....	91
15.3.4 Sprinkler.....	91
15.3.5 Sammanvägd utvärdering av åtgärdsförslagen .....	92
<b>16. Referenser .....</b>	<b>95</b>
<b>Bilaga 1 - Rumsgeometrier .....</b>	<b>97</b>
<b>Bilaga 2 - Garderobsbrand .....</b>	<b>99</b>
Bilaga 2.1 - Effektutveckling rack 1 .....	99
Bilaga 2.2 - $\alpha$ -värdet .....	100
Bilaga 2.3 - Bränslekontrollerad brand.....	101
Bilaga 2.4 - Flamhöjden rack 1 .....	102
Bilaga 2.5 - Strålningsberäkning.....	103
Bilaga 2.6 - Validering av CFAST och Argos.....	104
<b>Bilaga 3 - Brand i stora salen .....</b>	<b>107</b>
Bilaga 3.1 - Effektutveckling .....	107
Bilaga 3.2 - Validering av CFAST och Argos.....	108
<b>Bilaga 4 - Brand i källare .....</b>	<b>111</b>
Bilaga 4.1 - Effektutveckling .....	111
Bilaga 4.2 - Ventilationskontrollerad brand.....	111
Bilaga 4.3 - Validering av tiden tills branden blir ventilationskontrollerad .....	112
<b>Bilaga 5 - Indata i Simulex .....</b>	<b>113</b>
Bilaga 5.1 - Brand i garderob.....	114

Bilaga 5.2 - Brand i elskåp utan kortslutning .....	115
Bilaga 5.3 - Brand i elskåp med kortslutning .....	116

## 1. Inledning

Detta projektarbete ingår som en stor del av 10 poängskursen Brandteknisk Riskvärdering. Kursen är en viktig del i brandingenjörsutbildningen då den länkar samman studenternas teoretiska kunskaper från tidigare brandrelaterade kurser i ett mer verklighetsbaserat och praktiskt inriktat problemlösande.

För detta ändamål har gruppen tilldelats ett objekt, i detta fall Birger Jarl i Uppsala som bedriver både restaurang- och nattklubsverksamhet. Efter en grundlig analys av objektet utförs en utvärdering av personsäkerheten. Utvärderingen kommer att baseras på beräkningar i olika simuleringsprogram, ingenjörsmässiga bedömningar samt data från verkliga försök.

### 1.1 Syfte och mål

Syftet med denna rapport är att gruppens medlemmar skall utveckla sina färdigheter i brandteknisk riskvärdering. Detta görs utifrån en värdering av personsäkerheten vid brand i Birger Jarl. Rapporten riktar primärt in sig på att utvärdera person- och utrymningssäkerheten. Målet är att upptäcka eventuella brister i det befintliga brandskyddet samt ge förslag på hur personsäkerheten och brandskyddet kan förbättras på objektet.

### 1.2 Målgrupp och utformning

Rapportens målgrupp är objektsägare och verksamhetsutövare för Birger Jarl, Uppsala brandförsvaret samt studenter på brandingenjörsprogrammet. Arbetet har därför utformats så att de delar av rapporten som riktar sig till personer utan insikt i brandområdet är mer lättillgängliga. För läsare med brandbakgrund och intresse av beräkningsgången med mera återfinns dessa beräkningar i bilagorna.

### 1.3 Metod

Besök av Birger Jarl i Uppsala utfördes 2006-09-14 till 2006-09-16 i samarbete med objektsägaren och Uppsala brandförsvaret. Detta gjordes för att kontrollera de ritningar som delgetts samt för att få en verklig bild av objektet och kunna ställa frågor till ägaren samt brandingenjörerna vid Uppsala brandförsvaret. Vid besöket kontrollerades även ytskikt, släckutrustning, ventilationssystem och brandceller med mera. Objektet besöktes både dagtid och nattetid för att få en uppfattning av nattklubsverksamheten och personfördelningen över hela dygnet.

Den insamlade informationen och observationerna från besöket har legat till grund för de brandscenarier som har framarbetats. Troliga brandscenarier har analyserats i de fall de kan äventyra personsäkerheten vid eventuell brand. I valet av scenarier har hänsyn tagits till den höga persontätheten respektive den låga lokalkännedom besökarna av nattklubben har.

Till de brandscenarion där effektkurvor använts har dessa baserats på tidigare försök, bedömningar och handberäkningar. Kring övriga scenarion där effektkurvorna ansetts för otillförlitliga eller av mindre vikt, har problemet analyserats via diskussion och ingenjörsmässiga bedömningar.

För att få en enklare översikt av objektet vid händelse av brand har tre olika simuleringsprogram använts. Argos 4.12 och CFAST 6 har använts för att beräkna brandgasspridningen och få en bild av brandförloppet samt tiden till kritiska förhållanden i objektet. I huvudsak har CFAST använts för simuleringarna medan Argos använts för att verifiera resultaten från CFAST.

Till utrymningssimuleringarna har Simulex 11.1.3 använts för att ta fram utrymningstiderna. Resultaten från dessa simuleringar tillsammans med handberäkningarna har analyserats för att bedöma om utrymning kan ske på ett tillfredställande och säkert sätt. Utifrån simuleringarna har brister, problem och förslag på åtgärder tagits fram. Under arbetets gång har en kontinuerlig diskussion om simuleringarnas och handberäkningarnas tillförlitlighet förts för att säkerställa en rimlig och relevant rapport.

Handledaren från LTH, Uppsala brandförsvaret och objektsägaren har under arbetets gång konsulterats vid frågor och uppkomna problem. Diskussioner har även förts med föreläsare och andra personer med kunskap inom brand-, säkerhets- och riskområdet.

## **1.4 Avgränsningar**

Syftet med denna rapport är att bedöma personsäkerheten i händelse av brand på Birger Jarl. Följaktligen är det brandens initialskede och tiden tills dess att utrymning har skett som är av intresse. Rapporten behandlar därför ej faktorer som kan påverkas av brandförloppet i ett senare skede, till exempel byggnadens hållfasthet och bärförmåga. Av samma anledning tas heller ingen hänsyn till materiella skador, miljöpåverkan och skador på verksamheten.

Valet av brandscenarier avgränsas till att innefatta realistiska och troliga brandförlopp i utrymmen som kan medföra kritiska situationer vid utrymning. Rapportens fokus ligger i att undersöka utrymning från de delar i byggnaden där Birger Jarls nattklubsverksamhet medför en hög persontäthet bestående av personer med låg lokalkännedom. Studien innefattar även lokaler där personalen vistas. Inga fysiska avgränsningar har gjorts, utan hela byggnaden inklusive uteserveringen behandlas i rapporten.

Rapporten avgränsas till den tid på dygnet då personantalet är högst och ger svårast utrymningsförhållanden, det vill säga då nattklubben är igång. Tillställningar dagtid, så som lunchbjudningar och liknande, inkluderas inte i denna rapport.

## 2. Objektsbeskrivning

Birger Jarl ligger i Uppsala och byggdes år 1865 och var från början ett societetshus som inrymde gymnastik- och vilosalar. I början av 1900-talet tog IOGT över byggnaden och drev olika verksamheter där fram till 1970-talet då Uppsala kommun köpte fastigheten. Under hela 1970-talet var Birger Jarl rivningshotad eftersom kommunen tyckte att kostnaden för restauration skulle bli för stor. Efter beslut taget 1980 sålde dock Uppsala kommun fastigheten till privata aktörer. Idag är byggnaden kulturmärkt vilket leder till svårigheter vad det gäller ombyggnad av fastigheten (Wretin, 1980).

Hela byggnaden är byggd i trä och stora delar av isoleringen kan antas vara av sågspån och tidningspapper då ingen känd ombyggnation av stommen har utförts. Hela stommen antas bestå av trä med vissa inslag av sten och betong. Även innertaket är av trä medan yttertaket är helt i plåt. Ytbeklädnaden inomhus består mestadels av träväggar, trägolv och trätak samt att det på vissa ställen förekommer gips i golv och tak. Byggnaden kan idag anses vara en enda stor brandcell då de brandtekniska cellgränserna är bortbyggda vid olika invändiga ombyggnationer. Då byggnaden innehåller en samlingslokal för mer än 150 personer på markplan klassas den som en Br 2 byggnad (BBR, 2005).

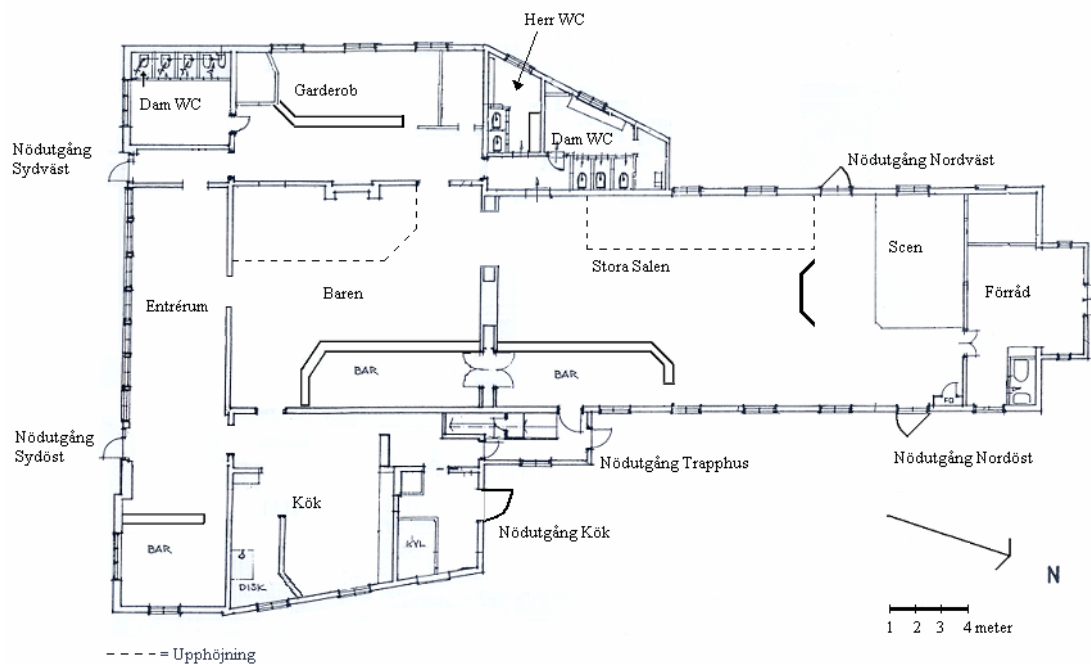


Bild 2.1. Principskiss och benämningar på rum och utgångar.

Byggnaden har sedan den nya ägaren tog över genomgått viss restaurering på insidan. Det finns även ett nytt ventilationssystem installerat för att klara den nya verksamheten. Vissa delar av de gamla elledningarna har bytts ut för att säkerställa strömförsörjningen i lokalerna, det är okänt exakt hur mycket av detta som är omgjort. Även ett nytt automatiskt brandlarm är installerat (Lindh, 2006).

I Birger Jarl är det nattklubben som utgör den stora verksamheten i byggnaden. I nattklubsverksamheten ingår även en stor uteservering med två barer. Det anordnas även olika tillställningar utöver nattklubb i fastigheten, bland annat studentsittningar. Det finns kapacitet för att kunna utspisa cirka 150 personer vid sådana tillställningar. Nattklubben har tillstånd att ta 350 personer inomhus och 280 personer utomhus (Ögren, 2006). Åldersgränsen varierar från evenemang till evenemang (Lindh, 2006).

Byggnaden inhyser bland annat ett kök, två barer, ett stort dansgolv, kontor på ovanvåningen, diverse förrådsutrymmen samt en källare under köket, se bild 2.1 ovan och bilaga 1 för rumsuppbyggnad. Utanför byggnadens östra sida finns sophanteringen som är ansluten till köket. Det finns även en förrådscontainer på byggnadens västra sida, där man bland annat förvarar gasolflaskor. På byggnadens västra sida finns även ett plåtskåp som innehåller en gasolflaska som är kopplad till den öppna spisen inne i byggnaden. Längs med södersidan är en uteservering på cirka 600 m<sup>2</sup> tillbyggd, se bild 2.2 nedan. Uteserveringen har utskänkningstillstånd året om (Lindh, 2006). För att avgränsa uteserveringen mot angränsande tomter har ett gallerstängsel, med taggtråd längst upp, byggts. Uteserveringen inhyser två barer samt bord, stolar och markiser.

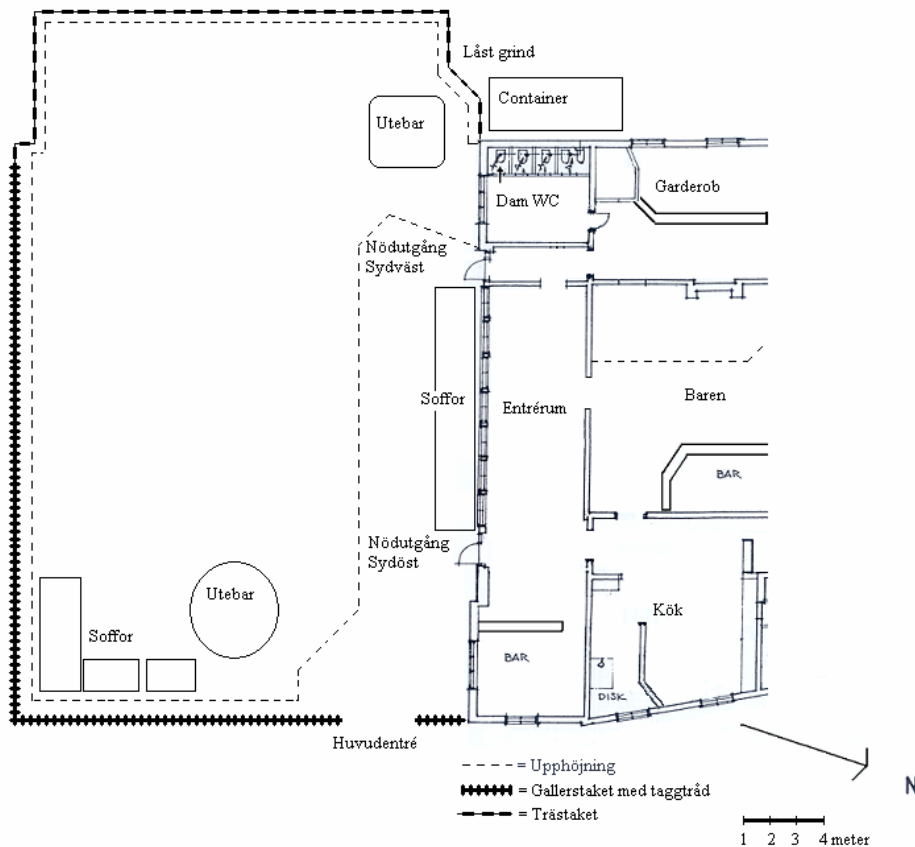


Bild 2.2. Principskiss av uteserveringen. Den tomma ytan är egentligen fylld med bord, stolar, markiser, räcken och gasolvärmare.



De sydvästra och sydöstra ingångarna fungerar som huvudentré in i byggnaden och dessa ligger i direkt anslutning till uteserveringen. Via den sydvästra ingången kommer man in till en liten hall som leder in till entrérummet samt garderobsutrymmet och toaletterna. I garderoben finns ett nedsänkt innetak med lampor som gör att takhöjden blir låg. Vidare leder sedan garderoben in till baren. Inne i baren är det högt i tak, här inne finns även trappsteg som leder till en upphöjd platta där bord och stolar är placerade.



Bild 2.3 och 2.4. Bild 2.3 visar öppningen mot stora salen och garderoben och bild 2.4 visar bardisken, båda bilderna är tagna i baren. Foto: Jakob Dahlqvist 2006.

I anslutning till baren ligger stora salen, takhöjden här är densamma som i baren. Även här finns en upphöjd platta med trappsteg. Nere i hörnet i den nordvästra delen finns en scen och framför scenen står ett DJ-bås. Det finns även två stora högtalare utplacerade vid den östra väggen. Två nödutgångar finns längs respektive långsida av stora salen, vilka leder ut i det fria. Bakom stora salen ligger ett förråd, dörren till förrådet är stängd kvällstid och här vistas inga gäster.



Bild 2.5 och 2.6. Bild 2.5 visar bardisken i stora salen och bild 2.6 visar förhöjningen med sofforna längs den västra väggen. Foto: Jakob Dahlqvist 2006.

Via den sydöstra ingången kommer man in till entrérummet. Från entrérummet leder en dörr till köket. Det går även att komma vidare in i baren via en dörr som är utplacerad i mitten av den norra långväggen.



Bild 2.7 och 2.8. Bild 2.7 är tagen västerut i entrérummet och visar dörren till hallen som leder till garderoben och den sydvästra ingången. Bild 2.8 är tagen österut och visar bardisken i entrérummet. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

Det finns även en övervåning på Birger Jarl. Det finns möjlighet att komma till ovanvåningen via de två trappor som finns i trapphuset norr om köket eller spiraltrappan som är placerad mellan garderob och damtoalett. Ovanvåningen är inte till för gästerna och består av en mängd mindre rum där takhöjden i vissa av rummen är väldigt låg. De olika rummen används som kontor, förvaringsplats och ibland som loge för de artister som uppträder på Birger Jarl. På ovanvåningen finns även aggregatet till det nya ventilationssystemet.

Trappan till källaren finns placerad i trapphuset norr om köket. Källaren utgörs av tre mindre rum med väldigt låg takhöjd. I källaren vistas inga gäster, däremot används den bland annat till förvaringsplats för alkohol, tvättmaskin med mera.

### 3. Förutsättningar för räddningstjänsten

Uppsala brandförsvaret har vid ankomst till Birger Jarl vid brand en besvärlig insats framför sig om nattklubben är öppen och full med människor. Den höga persontätheten under nattklubsverksamheten kan skapa en olycksplats som är svår att överblicka. Då den västra sidan av byggnaden vätter mot snårskog och den södra är inhägnad av stålstaket är insatsen i stort sett begränsad till den norra och östra sidan.

Utrymmande människor, åskådare och fordon kommer beroende på olyckans omfattning att skapa bekymmer för räddningstjänstpersonal och deras fordon gällande framkomlighet. Vid larm från Birger Jarl kommer räddningstjänsten från två stationer, Rosendal och Bärby, att rycka ut med 8 brandmän och 3 befäl. Beroende på information och framför allt om nattklubben är öppen och fylld med besökare kan en tredje styrka samt vakthavande brandingenjör förstärka insatsen. Dessa styrkor kan vara på plats inom tio minuter. Utöver dessa finns även 6 stycken deltidstationer att tillgå samt samarbetsavtal med kringliggande kommuner (Ögren, 2006).

Vid en insats finns relativt goda möjligheter för inträngning via utrymningsvägarna samt köksingången. Det finns risk att de från byggnaden utrymmande människorna mer eller mindre medvetet kan störa insatsen eftersom det är ett begränsat utrymme mellan Birger Jarl och huset på andra sidan gatan, cirka 10 meter.

Väl inne i byggnaden har räddningstjänsten relativt långa inträngningsvägar, i synnerhet vid insats på ovanvåningen. Har branden dessutom pågått en längre tid kan man misstänka att bärigheten i den gamla byggnaden är bristfällig, vilket bör tas i beaktning vid eventuell genomsökning av ovanvåningen.

Ett snabbt brandförlopp kan antas i de flesta fall, precis som en sen larmning, eftersom det är begränsat med detektorer i byggnaden. Dessa förutsättningar försämrar räddningstjänstens möjligheter för insats eftersom de förlorar värdefull tid.

Vid byggnaden finns gasbehållare som räddningstjänsten bör vara medvetna om. Det finns ett flertal inlåsta i containern på baksidan, dessutom finns en gasolbehållare placerad i ett olåst plåtskåp på byggnadens västra sida. Detta skåp borde vara låst, med till exempel ett hänglås, för att inte obehöriga ska ha tillträde till gasolen, detta enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor (SFS 1988:1145).



## 4. Befintligt brandskydd

Normalt sett delar man in brandskyddet i en byggnad i två delar, aktiva och passiva system. Till passiva system räknas rent konstruktionsmässiga åtgärder, som brandcellsindelning och ytskikt. I huvudsak är dessa system till för att förhindra brandspridning mellan och inom byggnaden och dess brandceller.

Brandskydd som endast aktiveras i händelse av brand, till exempel sprinkler, utrymningslarm med mera, är aktiva system. Dessa system syftar i huvudsak till att uppmärksamma och möjliggöra utrymning samt att begränsa eller släcka eventuell brand. Till aktiva system räknas även åtgärder i ventilationssystem så som brandspjäll.

### 4.1 Systematiskt brandskyddsarbete

Det systematiska brandskyddsarbetet syftar till att kontinuerligt förbättra och se över rutiner och utrustning relaterade till brand. I det systematiska brandskyddsarbetet bör följande delar ingå:

- Policy och ansvar
- Beskrivning av brandskyddet
- Risker och åtgärdsplan
- Organisation
- Kontroll- och underhållsrutiner
- Instruktioner, regler och rutiner
- Utbildning, information och övning

(Brandskyddshandboken, 2005)

Samtliga av dessa delar finns dokumenterade i Birger Jarls brandskyddspärm. Där finns även utbildningsplan för anställda, tillsynsanmärkningar med mera. Räddningstjänsten är tillsynsmyndighet medan fastighetsägaren och verksamhetsutövaren tillsammans är ansvariga för att brandskyddet efterlevs, detta i enlighet med Lagen om Skydd mot Olyckor (Brandskyddshandboken, 2005). I fallet Birger Jarl finns ett par anmärkningar från den senaste tillsynen, som utfördes 2005-11-17. Dessa listas nedan:

1. *Utrymningsdörren från danslokalen mot Nedre Slottsgatan uppfyller ej gällande krav på en utrymningsdörr*
2. *Brännbart material vid fasaden. I syfte att minska risken för anlagd brand får inget material lagras intill husets fasad. Det brännbara materialet skall bortforslas. Punkten kvarstår från 2004-03-27. Det är en del i ett fungerande systematiskt brandskyddsarbete.*
3. *Nödutrymningsskylten ovanför spelborden i danslokalen är täckt så att den inte uppfyller sitt syfte, måste åtgärdas omgående.*
4. *Fläktrummet på ovanvåningen måste rensas från brännbart material. Det enda som får finnas i fläktrummet är en uppsättning nya filter.*

5. Vid tillsynen konstaterades att verksamheten hanterade brandfarlig vara i sådan mängd (9 stycken P 11 gasol) att tillstånd behövs, detta söks hos stadsbyggnadskontoret.

6. Lokalerna skall förses med utrymningslarm.

(Uppsala brandförsvär, 2005)

Punkt 1-4 är åtgärdade, punkt 5 är ej åtgärdad och punkt 6 är delvis åtgärdad av objektsägaren, som i detta fall är både ägare och verksamhetsutövare (Ögren, 2006). För kontroll och underhåll av brandskyddet, så som brandsläckare och brandposter, har ett externt företag anlåtats och även deras tillsynsprotokoll finns med i brandskyddspärmen.

## 4.2 Brandcellsindelning och ytskikt

Birger Jarl var tidigare indelad i en rad olika brandceller. Dessa indelningar har tagits bort allt eftersom byggnaden byggts om, renoverats och bytt verksamhet. I dag är byggnaden en enda stor brandcell. Spår av den gamla brandcellsindelningen finns fortfarande kvar på olika ställen i byggnaden samt på äldre ritningar av objektet.

De flesta väggytor i byggnaden består av trä med flera lager av tapeter och träpanel. Källaren har sten- och betongväggar samt betongtak. Köket är kaklat cirka 2 meter upp längs väggen och utgörs därefter av målat trä. Ovanvåningen består, precis som undervåningen, av väggar och tak av trä.

## 4.3 Släckutrustning

I byggnaden finns ett antal handbrandsläckare och inomhusbrandposter utplacerade. Handbrandsläckarna är av typen skum, vatten, pulver och koldioxid medan inomhusbrandposterna är centrumrullar med vatten, se bild 4.1 nedan. Dessa har i de flesta fall placerats strategiskt, både med tanke på avstånd och typ av verksamhet som är angränsande till släckutrustningen, se bild 4.3 nedan. Maximalt rekommenderat gångavstånd till släckutrustning är 25 meter (Brandskyddshandboken, 2005). Dessa krav uppfylls i hela byggnaden. Vid vissa av handbrandsläckarna har det dock samlats diverse överbliven utrustning som gjort dem svåråtkomliga, se bild 4.2 nedan. I köket finns även en brandfilt. På uteserveringen finns handbrandsläckare utplacerade i de två barerna.



Bild 4.1 och 4.2. Bild från stora salen på inomhusbrandpost och bild från källaren där en pulversläckare är delvis blockerad. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

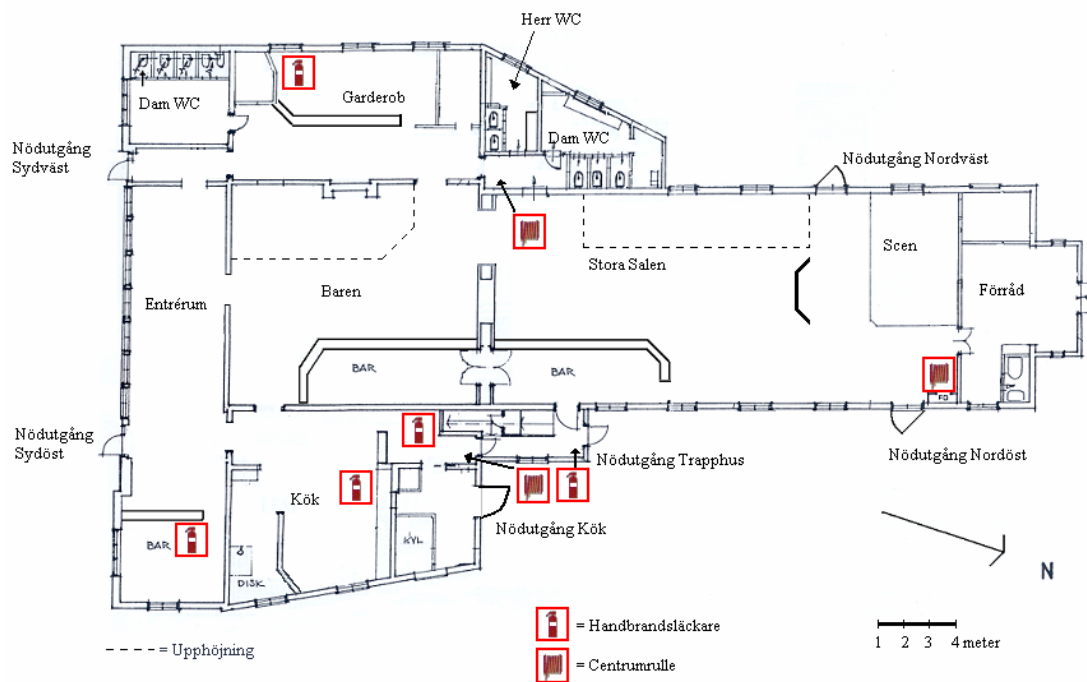


Bild 4.3. Placering av släckutrustning.

#### 4.4 Larm och detektorer

Det finns ett utrymningslarm installerat i byggnaden. Larmet är kopplat till räddningstjänsten via säkerhetsförtaget G4S. Detta för att även inbrottslarmet är kopplat via samma centralapparat. Tanken är att om en detektor löser ut så ska dels ett larm ljuda i köket samt att det skall skickas ett larm till G4S. G4S ringer då till någon av de ansvariga på Birger Jarl för att kontrollera att det inte är ett falsklarm. Om det uppstått en brand larmas räddningstjänsten och om så inte är fallet stannar larmet hos G4S. Denna princip kallas fördröjningslarm och är till för att undvika onödiga uttryckningar för räddningstjänsten samt kostnaderna det medför för objektets ägare.

Detektorerna, en på vinden och en i köket på Birger Jarl, reagerar på rökutveckling och är av typen optisk ljusspridningsdetektor. I händelse av larm startar ett talat meddelande med en ringsignal i köket. Detta larm är väldigt svagt i förhållande till ljudvolymen på nattklubben. Det är tveksamt om det hörs av fler än de som jobbar i köket. Vid test av brandlarmet under objektsbesöket misstolkades larmet av personerna i dess närhet som trodde att det var ett inbrottslarm då de är kopplade till samma centralapparat. Det finns även en del larmknappar utplacerade i byggnaden, till exempel i garderoben, köket och baren, även dessa är kopplade till centralapparat.

## 4.5 Utrymningsvägar

Sammanlagt finns det 6 utrymningsvägar ut i det fria från objektet, se även kapitel 5.3. Det rekommenderade längsta avståndet till en utrymningsväg är 30 m (BBR, 2005) vilket uppfylls i samtliga delar av byggnaden. Eftersom personerna som vistas i lokalen under nattklubbsverksamheten antas ha låg lokalkännedom är utmärkningen av utrymningsvägarna viktig. Dörrarna som används i Birger Jarl har utrymningsskyltar som är genomlysta eller självlysande, se bild 4.4 och 4.5 nedan. Även de flesta dörrar inne i lokalen som leder till en utrymningsväg har en genomlyst eller självlysande skylt.



Bild 4.4 och 4.5. Bilder på genomlyst och självlysande utrymningsskylt. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

Utrymningsplaner finns uppsatta i byggnaden, bland annat i köket och garderoben, se bild 4.6 nedan. Dessa visar närmaste utrymningsväg, var man befinner sig, uppsamlingsplatser samt var släckutrustningen finns placerad.



Bild 4.6. Bild av utrymningsplan placerad i garderoben. Foto: Jakob Dahlqvist 2006



#### **4.6 Personalrutiner i händelse av brand**

Grundtanken vid en brand eller ett larm är att de som först uppmärksammar faran skall meddela resterande personal i lokalen. Dessa skall sedan hjälpa till vid utrymningen. De två discjockeys som finns under nattklubbsverksamheten, en i baren och en i stora salen, skall stänga av musiken och tända lamporna för att göra personerna i lokalen uppmärksamma på att det brinner.

#### **4.7 Ventilationssystem**

I de fall bygganden består av flera brandceller med ett gemensamt ventilationssystem är skyddet mot brandspridning och brandgasspridning mellan brandcellerna en viktig del av brandskyddet. Då byggnaden idag anses vara en enda brandcell har ventilationssystemet i Birger Jarl en underordnad betydelse ur brandskyddssynpunkt.

Det ventilationssystem som finns är av typen FTX och består av tre stycken från- och tilluftssystem. Dessa tre är separat uppdelade på baren, köket och stora salen. Dimensionerna är väl tilltagna för att klara av de många gäster som vistas i lokalen under nattklubbsverksamheten. Då ingångarna står öppna under kvällarna gör ventilationssystemet liten skillnad i händelse av brand. Det kan vara positivt att låta systemet gå under brand då det transporterar bort brandgaser från lokalerna ut i det fria (Jensen, 2006). Det är okänt hur mycket varma brandgaser ventilationssystemet klarar innan det går sönder, dock är det givet att så länge det fungerar är det positivt ur personsäkerhetssynpunkt. I simuleringarna bortses det från ventilationen då Birger Jarl är en enda brandcell.



## 5. Utrymning

Enligt Boverkets Byggregler (BBR), avsnitt 5:3, ställs kravet att en byggnad ”*skall utformas så att en tillfredställande utrymning kan ske vid brand*”. För att tillgodose detta krav kan utrymningen dimensioneras med två olika metoder:

Förenklad dimensionering betyder att man följer de krav och rekommendationer som ges av BBR. I den anges till exempel exakta krav för minsta gångavstånd till närmsta utrymningsväg, minsta dörrbredd och krav på i byggnaden ingående material. Grundkravet för förenklad dimensionering är att ”*det skall finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar från lokaler där personer vistas mer än tillfälligt*”. Det betyder att utrymning skall kunna ske säkert även om en av utrymningsvägarna är blockerad.

Analytisk dimensionering används när det görs avsteg från ett eller flera av de krav som ställs i BBR, det vill säga när man vill ha en alternativ utformning av brandskyddet. För att dessa avsteg skall kunna göras krävs en verifiering av säkerheten genom beräkningar och simuleringar i datorprogram. Analytisk dimensionering används främst i komplexa byggnader, där kraven vid en förenklad dimensionering är svåra att tillgodose.

### 5.1 Kritiska förhållanden

För att kunna utrymma en byggnad på ett tillfredställande sätt måste detta, enligt BBR, ske innan kritiska förhållanden har uppstått. Kritiska förhållanden beskriver de gränsvärden, för ett antal olika parametrar, som definierar vilka förhållanden som är acceptabla under utrymning. När dessa förhållanden har uppnåtts är det svårt att utrymma på ett säkert sätt, men behöver inte betyda att utrymning omöjliggörs helt (Brandskyddshandboken, 2005). Detta har tagits hänsyn till då resultaten från simuleringarna analyserats. De gränsvärden som anges i BBR är:

- Toxicitet:** En säker utrymning kräver att syrehalten inte blir för låg och att inte koncentrationen av giftiga gaser blir för hög. Syrgasnivån bör inte understiga 15 % (jämfört med normala 21 %) och de kritiska värdena för de två vanligaste toxiska gaserna CO och CO<sub>2</sub>, är 0,2 % för CO respektive 5 % för CO<sub>2</sub>.
- Sikt:** För att kunna utrymma får sikten ej understiga 5 meter i själva brandrummet och 10 meter i utrymningsvägarna.
- Temperatur:** Den maximala temperatur som en människa får utsättas för vid en utrymningsituation är 80°C.
- Strålning:** En person får vid en utrymning utsättas för en strålning på maximalt 10 kW/m<sup>2</sup> under ett fåtal sekunder då sammanlagda strålningsenergin är 60 kJ/m<sup>2</sup>, eller för 2,5 kW/m<sup>2</sup> under en längre tid.

**Brandgaslagrets höjd:** För att brandgaslagret inte skall försämra sikten och påverka säkerheten vid utrymning får brandgaslagrets höjd inte understiga  $0,1 \times H + 1,6$ , där H är takhöjden i lokalen i meter.

## 5.2 Tid för utrymning

Med utrymningstid menas den tid det tar från det att branden uppstår tills det att alla personer i byggnaden evakuerat till en säker miljö. Utrymningstiden kan indelas i tre faser: varseblivning, beslut- och reaktion samt förflyttning.

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{beslut\ och\ reaktion} + t_{förflyttning}$$

För en säker utrymning skall den sammanlagda tiden för dessa faser vara mindre än tiden då kritiska förhållanden inträffar.

$$t_{utrymning} < t_{kritiska\ förhållanden}$$

(Boverket, 2006)

### 5.2.1 Varseblivning

Varseblivningstiden är den tid det tar från att branden initieras tills det att personen uppfattar faran. En mängd olika faktorer påverkar denna tid, till exempel brandens placering, personernas tillstånd och om ett automatiskt brandlarm är installerat. På Birger Jarl är avståndet till branden och brandens placering av stor relevans. Detta på grund av att det inte finns några automatiska släcksystem eller detektorer i lokalen där gästerna vistas samt att ljudnivån är hög. För personer som befinner sig långt ifrån branden, och varken ser, känner lukten eller hör den, kommer det därför ta lång tid innan de uppmärksammar faran. Deras sinnestillstånd, med till exempel alkohol i kroppen, kan även påverka varseblivningstiden negativt.

För detta objekt är varseblivningstiden den svåraste tidsfasen att uppskatta, därför att vid eventuell brand på nattklubben är många personer beroende av att de blir varseblivna genom andra personer som redan observerat faran. Människans beteende vid sådana situationer är dåligt kartlagt vilket medför svårigheter med bedömningen av huruvida personerna på Birger Jarl varseblir varandra. I dessa typer av miljöer är varseblivningstiden 3-5 minuter för gäster beroende på typ av larm och organisation (Boverket, 2006).

### 5.2.2 Beslut och reaktion

Tiden det tar från att en person blivit medveten om branden tills ett beslut om hur situationen skall hanteras benämns beslut- och reaktionstid. Förutom själva tiden det tar att reagera och besluta sig för utrymning räknas även tiden för att uppmärksamma brandlarm, hjälpa andra att utrymma och försöka bekämpa branden. Beslut- och

reaktionstiden varierar med personernas erfarenhet och tillstånd men även andra faktorer spelar in, till exempel avsaknaden av ett talat utrymningslarm och om det finns utrymningsskyltar väl synliga (Boverket, 2006). En av de viktigaste faktorerna är om personerna har god lokalkännedom. En viktig åtgärd som kan vidtas för att förbättra denna tid är att utbilda personalen så att de kan hjälpa till vid utrymning.

För Birger Jarl är besluts- och reaktionstiden relativt lång. Detta beror till stor del på att många av personerna som vistas i lokalerna är alkoholpåverkade, men också till viss del på att brandlarmet bara hörs lågt i köket. Ett talat meddelande skulle hjälpa personer att förstå allvaret i situationen samt att få dem att ta beslut om utrymning fortare.

### 5.2.3 Förflyttning

Tiden från det att individen tagit ett beslut om hur situationen skall hanteras till det att han eller hon är i en säker miljö kallas förflyttningstiden. Hur lång förflyttningstiden är beror dels på byggnadens geometri och dels på egenskaperna samt tillståndet på de personer som skall utrymma. Med byggnadens geometri avses hur utformningen av utrymningsvägarna är konstruerade. Dörrbredd, trappor, utrymningsskyltar och existens av eventuella flaskhalsar är exempel på faktorer som påverkar förflyttningstiden. Lika stor påverkan på utrymningstiden har personerna som skall utrymma. Hur dessa personer är fördelade, vilket tillstånd de är i och vilken gånghastighet de har är viktiga faktorer vid en utrymning. Vid dålig lokalkännedom är det vanligast att personer försöker ta sig ut samma väg som de kom in därför att denna väg redan är välkänd (Boverket, 2006).

Vid en eventuell brand på Birger Jarl under nattklubbsverksamheten finns det en väldigt hög persontäthet med människor som har låg lokalkännedom. Dessutom kan man anta att en del personer är alkoholpåverkade, vilket sänker gånghastigheten. Dessa faktorer har tagits hänsyn till vid utrymningssimuleringarna.

## 5.3 Utrymning vid Birger Jarl

I dagsläget finns ingen klar uppgiftsfördelning för personalen vid en eventuell brand i Birger Jarl. Den nuvarande strategin är att om det börjar brinna skall discjockeyn meddelas antingen av personal eller gäster. Därefter stänger discjockeyn av musiken samt tänder belysningen för att därefter meddela gästerna om situationen. Övrig personal har ingen förutbestämd tilldelning om ansvarsområde vid utrymning. Denna strategi har inte testats och det är oklart om diskjockeyn vet vad som ska göras och sägas vid en eventuell brand. I dagsläget är det mycket som förväntas av diskjockeyn och det är oklart om denna person klarar av alla dessa uppgifter.

### 5.3.1 Befintliga utrymningsvägar

Grundkravet med två av varandra oberoende utrymningsvägar tillgodoses i hela byggnaden förutom vid herr- och damtoaletterna och källaren. Utrymningsvägarna från respektive rum anges och visas nedan, se även bild 5.1 nedan.

**Entrérum** Från detta rum kan man ta sig direkt ut till uteplatsen genom de två huvudingångarna.

- Garderoben** Härifrån går det att ta sig ut till uteplatsen via den sydvästra entrén eller genom baren och in till dansgolvet och därifrån ut i det fria. Det går även att från baren ta sig till entrérummet och den östra huvudingången.
- Baren** Från baren är utrymning möjlig dels mot stora salen och därifrån ut och dels mot de båda huvudingångarna via entrérummet och garderoben.
- Stora salen** Denna lokal har två av varandra oberoende utrymningsvägar direkt ut i det fria, men det går även att utrymma via baren och därifrån vidare mot de båda huvudingångarna.
- Toaletterna** Har bara en utgång vardera, som leder till garderoben. Därifrån gäller de tidigare nämnda utrymningsvägarna.
- Ovanvåningen** På ovanvåningen vistas endast personal med god lokalkännedom. Från ovanvåningen finns två av varandra oberoende trappor varav den ena leder ner till trapphuset norr om köket och den andra till garderoben. Utrymning sker sedan enligt tidigare nämnda vägar.
- Källare** Från källaren finns bara en utrymningsväg som leder upp till trapphuset norr om köket och vidare därifrån ut i det fria.

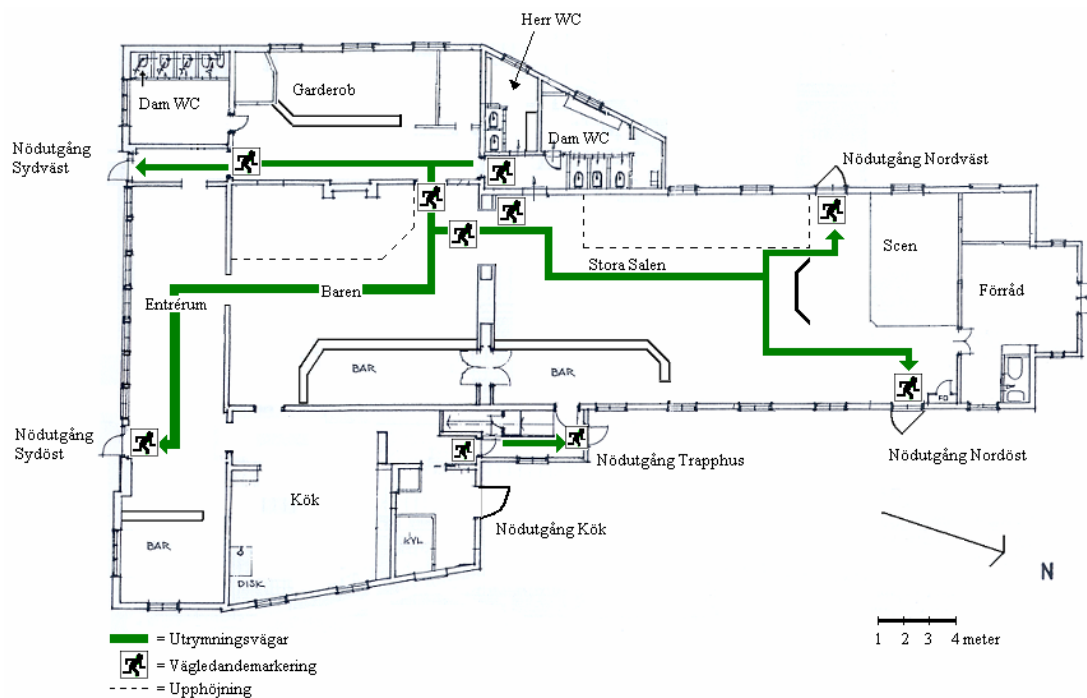


Bild 5.1. Principskiss utrymningsvägar och vägledandemarkeringar.

### 5.3.2 Gångavstånd till utrymningsväg

Gångavståndet i en brandcell till en utrymningsväg är bestämt enligt BBR 5.331 och lyder: ”Gångavståndet i en brandcell till närmaste utrymningsväg skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår”.

Utifrån förenklad dimensionering anges det ett maximalt gångavstånd på 30 meter till närmaste utrymningsväg för ett objekt som Birger Jarl (Boverket, 2006). Birger Jarl består av en enda stor brandcell vilket betyder att en person får, oavsett var han eller hon befinner sig, ha som mest 30 meter till närmaste dörr ut i det fria. Tack vare det stora antal utrymningsvägar som finns på objektet uppfylls de krav som ställs, utom för vissa rum på ovanvåningen. Men då dessa endast används av personal med god lokalkännedom kan avståndet ökas till 45 meter och objektet klarar då kraven (Boverket, 2006).

### 5.3.3 Passagemått i utrymningsväg

I en brandcell med mer än 150 personer skall enligt BBR 5:431 den fria passagebredden i en utrymningsväg vara minst 1,2 meter bred och 2,1 meter hög. Den totala bredden av samtliga utrymningsvägar skall vara åtminstone 1,0 meter per 150 personer. Vid en eventuell blockering av någon av utrymningsvägarna skall de övriga inneha en total bredd motsvarande 1,0 meter per 300 personer. Detta medför att Birger Jarl skall ha, om tillåtna antalet gäster om 350 personer inomhus inte överskrids, en total utrymningsbredd av minst 2,33 meter, vilket motsvarar två stycken 1,2 meter breda utrymningsvägar.

Objektet uppfyller kraven angående total utrymningsväg, eftersom denna är 5,25 meter. Dock uppfylldes inte kravet att varje utrymningsväg skall vara 1,2 meter vid objektsbesöket. En av huvudingångarna var till hälften stängd då ena dörrhalvan rostade fast och var endast 0,75 meter bred. Om den hade varit helt öppningsbar hade dörrbredden varit 1,3 meter.

Utrymningsväg	Bredd (meter)
Nödutgång sydöst	0,75 (1,3 fullt öppen)
Nödutgång sydväst	1,3
Nödutgång nordöst	1,2
Nödutgång nordväst	1,2
Nödutgång trapphus	0,8
<b>Totalt</b>	<b>5,25</b>

Tabell 5.1. Utrymningsvägarnas bredd i Birger Jarl.

### 5.3.4 Vägledande markering

Vägledande markering skall finnas i lokaler där personer som vistas kan förväntas ha dålig lokalkännedom, vilket innebär att utrymningsvägarna för dem därmed inte är kända. Utrymningsskyltar skall ha ett utseende enligt AFS 1997:11 och för samlingslokaler med fler än 150 personer skall de vara genomlysta och ha reservdrift i händelse av strömavbrott på 60 minuter (BBR, 2005). Dessutom är många av rummen i Birger Jarl mörklägda under nattklubbsverksamheten, vilket ytterligare förstärker argumentet för

genomlysta skyltar. Dessa skyltar skall placeras ovanför dörren i och till en utrymningsväg och vara synliga från alla platser i lokalen.

Dessa bestämmelser uppfylls i objektet, se bild 5.1 ovan, förutom vid öppningen mellan baren och stora salen, där den vägledande markeringen på dansgolvsväggen inte sitter centrerad rakt ovanför dörröppningen, utan breddvid.

I en samlingslokal skall även trappsteg vara försedda med nödbelysning. Belysningen skall placeras lågt och belysningsnivån skall inte understiga 5 lux. Utöver dess krav på vägledande markering skall allmänbelysningen kunna tändas manuellt från minst en plats i rummet (Boverket, 2006).

### **5.3.5 Personer med funktionsnedsättning**

I BBR ställs inga särskilda krav för hur brandskyddet skall utformas så att funktionshindrade personer skall kunna utrymma säkert. Det finns dock ett antal relativt enkla åtgärder som ökar utrymningssäkerheten, inte bara för funktionshindrade, utan för alla utrymmande. Sådana åtgärder är till exempel att ordna utrymningsvägar utan trappor och höga trösklar, skapa tillräcklig bredd i dessa så att rullstolar kan passera utan problem samt anpassa utrymningslarmet med optiska och tillräckligt högt ljudande effekter för syn- och hörselskadade.

Birger Jarl är väl anpassat för rullstolsburna personer med låga trösklar och ramper vid de utrymningsvägar som har höga kanter. Det höga personantalet medför dock ändå att utrymning för en rullstolsburen person kan komma att gå långsamt. Den låga ljudnivån på brandlarmet samt avsaknaden av optiska larm gör att det även är svårare för syn- och hörselskadade att upptäcka och undgå en eventuell brand.

## **5.4 Människans beteende vid brand**

Utrymning vid en brand är ett händelseförlopp som är obekant för de flesta människor, och vanligtvis är individen ovan vid den stress och psykiska påfrestning som kan uppkomma i sådana situationer. Hur personer uppfattar en utrymningssituation och därefter väljer att agera kan påverka utrymningsförloppet men också brandförloppet. En persons beteende kan delas upp i tre delar i en nödsituation; förståelse för situationen, förberedelse och genomförande (Brandskyddshandboken, 2005).

Undersökningar har gjorts som visar att det i det tidiga skedet av utrymningen ofta råder osäkerhet, missuppfattning och ineffektivitet (Wood, 1972). Personerna försöker då söka information om vad som hänt och därefter agera. I agerandet ingår införskaffandet av ytterligare information, utrymning, bekämpning av brand, rädda materiella föremål samt varna och hjälpa varandra.

Under de tre faserna i utrymningen fattar personen en mängd beslut som blir avgörande för dennes resultat. Vilka beslut som tas bestäms bland annat av den roll personen har och dennes relation till övriga individer. Skilda beteendemönster uppstår då mellan olika lokaler och verksamheter. Vid en utrymning från en nattklubsverksamhet, liknande den



på objektet Birger Jarl, kommer personer som inte känner varandra, till en början tveka att besluta om lämpligt agerande. Detta beror på rädsla av att göra bort sig inför andra okända människor. En fördröjning kan då uppstå innan en gruppbildning förankras och gruppen vidtar åtgärder och utrymmer tillsammans (Brandskyddshandboken, 2005).

En persons auktoritet är en annan faktor som påverkar det tidiga stadiet i en utrymning. Om en formell ledare finns, så förväntar sig människor att denne skall ta kommandot och besluta om åtgärder. Om detta ej sker kommer en fördröjning att uppstå. På Birger Jarl finns ingen egentlig formell ledare, men discjockeyn kan ändå till en viss del anses inneha denna position. Stänger han av musiken, informerar om faran och uppmanar till utrymning minskas tiden för varseblivning och beslut (Brandskyddshandboken, 2005).

Panik anges ibland vara en orsak till att personer omkommer vid bränder. Företeelsen av panik har studerats och det har konstaterats att det sällan inträffar (Sime, 1980). Panik definieras då som ett tillstånd där man orsakar andra skada genom sitt eget agerande, och associeras med stark oro, ångest och skräck för att inte komma ut. För att undvika panik och osäkerhet är information om vad som händer viktigt. På Birger Jarl är det återigen först och främst discjockeyns uppgift att bistå med information till gästerna, men även övrig personal kan bistå till att undvika panik och alltför stor oro.

Personer som vistas i en lokal de har god kännedom om har lättare att hitta en väg ut. Osäkerheten vid val av utrymningsväg blir då lägre, vilket förkortar reaktions- och beslutstiden, men även förflyttningstiden kan förkortas. Personer med dålig lokalkännedom utrymmer vanligtvis genom samma väg de kom in. Detta gäller även individer som vistas i en för dem känd miljö, dock med en mindre framträdande tendens (Brandskyddshandboken, 2005).



## 6. Beskrivning av simuleringsprogram

I denna rapport används tre olika simuleringsprogram. Detta för att åskådliggöra resultat grafiskt för lättare överblick samt för att enklare få fram resultat om temperatur, tryck, höjd på brandgaslager och tider med mera. De simuleringsprogram som använts är endast enklare modeller och ger en grov uppskattning av brandscenarier och utrymningstider. Nedan beskrivs dessa tre program mer ingående.

### 6.1 CFAST och Argos

CFAST och Argos är datorberäkningsmodeller som bygger på tvåzonsmodellen. CFAST är utvecklat av Building and Fire research, NIST (USA). Argos är utvecklat av Danish Institute of Fire and Security Technology (DIFT) i samarbete med myndigheter och försäkringsbolag.

#### 6.1.1 Allmänt om programmen

Dessa två program bygger på en så kallad tvåzonsmodell. Detta innebär en förenklad uppdelning av brandrummet i en övre zon och en undre zon. I den övre zonen approximeras det att de varma brandgaserna finns och att de är homogent omblandade. I den undre zonen antas att det är fritt från brandgaser och att det mer eller mindre är rumstemperatur. Denna uppdelning är förenklad från det verkliga fallet då en brand i ett rum ger ett icke homogent brandgaslager. Dock är skiktningen mellan de två zonerna i verkligheten oftast väl synlig men ej lika knivskarp som i programmen.

I verkligheten sker en temperaturökning på ett par hundra grader i skiktet mellan det övre och undre lagret. Temperaturökningen sker på ett par decimeter. I tvåzonsmodellen är skiktningen momentan och temperaturen enhetlig i de två lagren.

I tvåzonsmodellen antar man att ingen förbränning sker i det övre brandgaslagret utan all förbränning sker i branden. Detta antagande är förenklad då en viss del av förbränningen sker i brandgaslagret, särskilt ju närmare branden kommer övertändningen. Detta gör att programmet blir otillförlitligt i den fullt utvecklade rumsbranden.

Det tas ingen hänsyn till masstransporten mellan zonerna i programmen. Den sker istället endast via brandgasplymen, dock beräknas inte transporttiderna. Energi- och massekvationerna beräknas per tidsenhet i de två olika lagren. Detta innebär att ett brandgaslager bildas i samma sekund som branden startar.

Trots ovan nämnda förenklingar ger programmen en bra förenklad överblick av ett brandscenario. Medvetenhet om programmets begränsningar och förståelse för dess uppbyggnad och användning av olika ekvationer möjliggör användbara resultat. Simuleringsmodellen är ett väl fungerande verktyg för analytisk dimensionering. (Husted, 2006; Gojkovic, 2006)

### 6.1.2 Användningsområde och begränsningar

CFAST och Argos är framtagna för att vara applicerbara på små byggnader, motsvarande 1-2 familjshus bestående av 3-6 rum. Programmet utgår även ifrån att geometrin i rummen är rektangulärt utformad. Arbetar man utanför dessa premisser ska man vara försiktig när man tolkar resultaten. Ju längre ifrån programmets huvudsakliga arbetsområde man kommer desto osäkrare blir resultaten.

*”Ett flertal studier har utförts vad gäller tvåzonsmodellernas tillförlitlighet, där uppmätta värden från experiment har jämförts med modellernas resultat, se t.ex. Hägglund (1986), Hägglund et al (2000), Lundin (1997 & 1999), Särkdqvist (1993) och Yamana et al (1985). Experimenten utfördes i både stora och små rum, där angränsande utrymmen bestod av olika typer av rum, ofta ett flertal rum. Resultaten av dessa undersökningar visar en relativt hög tillförlitlighet, både vad gäller brandrummet och de närmast angränsande utrymmena inom samma våningsplan.”*

(Brandskyddshandboken, 2005)

För att kunna utföra en simulering behövs vissa indata. Framförallt behövs information om:

- Byggnaden
  - Rummens geometri
  - Öppningar och dess storlek
  - Material på väggar, golv och tak
  - Ventilation
  - Detektionssystem
- Branden
  - Effektutvecklingen med tillhörande kurva
  - Massan på bränslet
  - Förbränningseffektiviteten

Det finns ett par huvudsakliga begränsningar med programmen. Vissa bränder, framförallt i mycket stora lokaler eller där branden är mycket liten, skapar inte en tydlig tvåzonskiktning. Tvåzonsmodellens tillförlitlighet är även låg för de plan som ligger ovanför brandplanet vid beräkningar med fler våningsplan (Brandskyddshandboken, 2005). Förhållandet mellan brandeffekt och rumsgeometrin bör även följa vissa kriterier för att vara giltiga.

$$\dot{Q} \geq 5 \cdot A \sqrt{H} \text{ (kW)}$$

Där  $A = L \cdot H \text{ (m}^2\text{)}$

Anvisningar om förhållandet mellan längd, bredd och höjd finns även uppsatta för att tvåzonsmodellerna skall vara giltiga.

$L/B \leq 3$  godtagbart  
 $L/B > 5$  ej godtagbart  
 $L/H \leq 3$  godtagbart  
 $L/H > 6$  ej godtagbart  
 $B/H \geq 0,4$  godtagbart  
 $B/H < 0,2$  ej godtagbart  
 $L > B$  godtagbart

L = Längd  
B = Bredd  
H = Höjd

(Gojkovic, 2006)

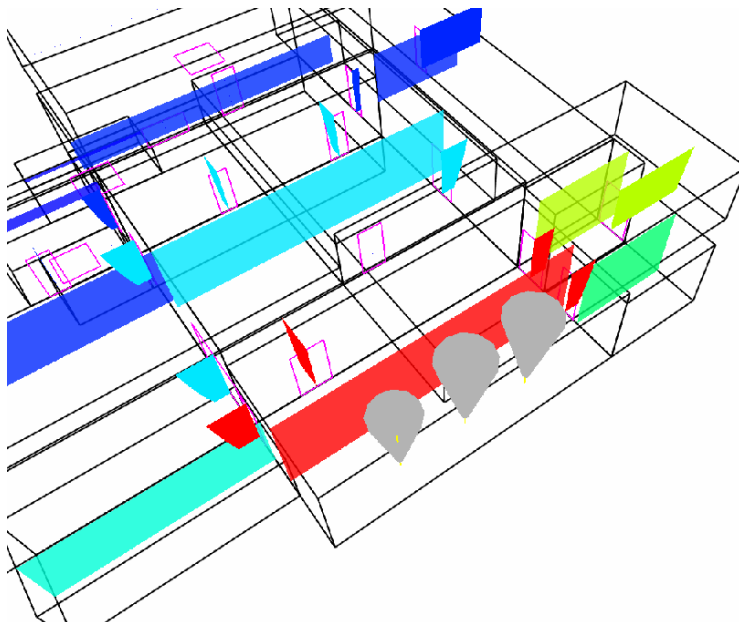


Bild 6.1. Exempel på hur en simulering kan se ut i CFAST. Bilden är tagen vid simulering av brand i garderoben.

### 6.1.3 Fördelar och nackdelar med tvåzonsmodeller

Fördelar

- Lätta att lära sig och använda programvaran
- Många beräkningar på kort tid med olika indata
- Fungerar mycket bra i sitt huvudsyfte, lägenheter
- Utdata är relevant
- Lätt att vidareutveckla ett påbörjat scenario
- Korta simuleringstider

#### Nackdelar

- Modellerar inte själva branden
- Ingen förändring i massavbrinning på grund av återstrålning
- Svårt att simulera komplicerade geometrier.

(Gojkovic, 2006)

## 6.2 Simulex

Simulex är ett dataprogram som utnyttjas för simulering av utrymningstider. Vid simuleringar för objekt Birger Jarl användes version 11.1.3. Programmet utgår från en CAD-ritning, där endast byggnadsdelar och inredning som är relevanta för utrymningen skall finnas med. Relevant för utrymningen är till exempel väggar, trappor, bord och stolar, det vill säga föremål som påverkar personernas framkomlighet vid en eventuell utrymning. Dörröppningar ut i det fria från byggnaden definieras i programmet som utrymningsvägar. Efter det sätts symboler, som representerar personer, ut på ritningen. Personernas egenskaper, som till exempel gånghastighet, storlek och reaktionstid, kan matas in i programmet. Man definierar dessutom vilka utrymningsvägar respektive person får och kan använda. Anges ingen särskild utgång använder personerna närmaste utgång.

### 6.2.1 Begränsningar

Att personerna alltid använder närmaste definierade utgång i Simulex medför att det kan bildas onaturliga köbildningar vid hörn och dörröppningar. I ett verkligt scenario tar människor hänsyn till persontätheten i de olika utrymningsvägarna när de väljer väg ut. Detta görs inte i Simulex där individen oavsett uppkomna köer och flaskhalsar utrymmer mot den närmaste eller tidigare förutbestämda nödutgången.

Vägen ut till säkerhet kan för personerna i Simulex inte definieras mer än för själva nödutgången ut i det fria. Att personerna tar den kortaste vägen dit, innebär att de ibland utrymmer genom ett rum eller en passage de inte känner till eller bör använda sig av.

Människors psykologiska beteenden, som till exempel gruppstillhörighet och relation till övriga i lokalen, tar inte Simulex hänsyn till. Det går därför inte att simulera personer som varseblir och hjälper andra människor i lokalen. Detta problem går dock till viss del att kontrollera, då man vid placering av personerna och fastställande av deras responstid kan styra så att de utrymmer i grupper.

En väldigt viktig faktor för hur lång tid utrymningen tar är personernas varseblivningstid och besluts- och reaktionstid vilken måste uppskattas. Således är simuleringen känslig för felskattning.

### **6.2.2 Användningsområde**

Simulex är ett användbart instrument för att få ett ungefärligt mått på utrymningstider från en byggnad. Programmet åskådliggör dessutom på ett bra sätt var och när köbildningar och flaskhalsar uppstår. Används Simulex med medvetenhet om dess begränsningar erhålls ofta ett för utrymningsdimensionering väldigt användbart resultat.





## 7. Den dimensionerande branden

Vid simulering av olika brandscenarion krävs kunskap om hur branden beter sig. För att få reda på detta tas en dimensionerad brand fram, vilken baserar sig bland annat på hur snabbt och effektivt ett bränsle förbränns. Den dimensionerade branden visar hur tillväxthastigheten, maximal effektutveckling och en eventuellt avtagande fas ser ut. Det är viktigt att påpeka att den dimensionerade branden utgör en väsentlig del av grunden för de eventuella simuleringar som görs, därför är det viktigt att välja dimensioneringen med omsorg. Utifrån detta kan man sedan simulera hur branden kommer att bete sig under själva brandförloppet.

Effektutvecklingen av en brand utgörs av en rad olika faktorer, bland annat mängden bränsle och dess förbränningseffektivitet. Om branden blir bränsle- eller ventilationskontrollerad, det vill säga om det finns tillräckligt med syre för branden, spelar också en väsentlig roll. Även bränslenas avstånd till varandra har stor betydelse för effektutvecklingen. Det finns olika metoder för att bestämma ett eventuellt brandförlopp. Det vanligaste är att använda experimentellt uppmätta effektkurvor.

Vid användning av experimentella försök, både fullskaliga och laborationsförsök, måste karaktären på försöket beaktas så att man därigenom kan jämföra försöket med det fall som ska dimensioneras. I det fall det saknas tidigare försök som korrelerar med den brand som dimensioneras måste ingenjörsmässiga bedömningar och skattningar av olika försök göras. Detta för att få fram en kurva som bedöms som trovärdig.

### 7.1 Effektutveckling med hjälp av massavbrinningen

Som nämnts ovan finns det olika metoder för att bestämma effektutvecklingen. I denna rapport har två olika använts och därför kommer endast dessa två att beskrivas närmare. I de fall man har fått fram massavbrinningshastigheten och förbränningsvärmets ur experimentella försök kan effektutvecklingen räknas fram med formeln:

$$\dot{Q} = \dot{m}' \cdot A \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (\text{Se även bilaga 2 och 3})$$

I beräkningarna ovan bestäms hur mycket energi som frigörs per tidsenhet genom att värden finns angående hur mycket material som brinner per tidsenhet samt hur mycket energi bränslet frigör. Genom detta beräkningssätt kan en maximal effekt för branden tas fram. Med hjälp av den maximala effekten och hur lång tid det tar för branden att nå dit kan man få fram vilken tillväxthastighet branden har, det vill säga hur snabbt effektutvecklingen ökar med tiden. Osäkerheten med denna metod är om de experimentella försöken inte riktigt liknar de förhållanden som det verkliga fallet har. Detta gör att vissa antaganden och bedömningar måste göras angående den dimensionerade branden.

## 7.2 Effektutveckling med hjälp av $\alpha t^2$

Vid effektberäkning då experimentellt godtagbara värden saknas kan man med hjälp av olika  $\alpha$ -värden få fram hur branden tillväxer.  $\alpha$ -värdet är ett mått på tillväxthastigheten för en brand. Formeln för effektutvecklingen enligt denna princip är:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad (\text{Se även bilaga 2})$$

Osäkerheten med denna princip är att  $\alpha$  värdet uppskattas. Det finns fyra olika tillväxthastigheter, dessa redovisas nedan:

<i>Tillväxthastighet</i>	<i><math>\alpha</math>-värde (<math>kW/s^2</math>)</i>
<i>Slow</i>	0,003
<i>Medium</i>	0,012
<i>Fast</i>	0,047
<i>Ultrafast</i>	0,19

Tabell 7.1. Tabell över  $\alpha$ -värden (Karlsson & Quintiere, 2000)

Effektutvecklingen,  $\dot{Q}$ , kan likställas i de två ovanstående formlerna. Således kan man med hjälp av den ena formeln få fram värden i den andra beroende på vad som är känt. Det i sin tur innebär att massavbrinningen kan uppskattas med  $\alpha$ -värdet och vice versa.

## 8. Val av brandscenarion

En viktig del i valet av olika brandscenarion är att titta på tidigare statistik från bränder i byggnader med liknande användningsområde. Räddningsverket sammanställer varje år siffror för räddningstjänstens uttryckningar och insatser. 1999 till 2004 brann det i snitt 120 gånger på år i samlingslokaler runt om i Sverige. Samtliga värden är hämtade från Räddningstjänst i siffror (Räddningsverkets hemsida, 2006-11-05).

I en allmän byggnad är de vanligaste startmiljöerna för en brand enligt nedan:

Kök	21 %
Okänd	13 %
Samlingslokal	7 %
Utomhus	6 %
Försäljningslokal	4 %

Tabell 8.1. Startmiljö för brand i allmänna byggnader

Man kan även ur statistiken utläsa vilka startföremål som initierat branden. Endast de främsta startföremålen är listade:

Spis och andra elinstallationer	20 %
Lös inredning	19 %
Byggnadens utsida	7 %
Okänd	7 %

Tabell 8.2. Startföremål i allmänna byggnader.

I valet av lämpliga brandscenarier för Birger Jarl är det även av intresse att studera brandorsakerna och dessa listas även i statistiken. Endast de främsta brandorsakerna är listade:

Anlagd brand	25 %
Okänd orsak	18 %
Tekniska fel	13 %
Levande ljus	6 %

Tabell 8.3. Brandorsaker i allmänna byggnader.

Statistik från USA listar de vanligaste orsakerna till bränder i amerikanska samlingslokaler som anlagd brand och elfel. De listar även matlagning och rökning som vanliga orsaker (U.S. Fire Administration's, 2006-11-05).

Det har inträffat flera större bränder i diskotekslokaler de senaste tre årtiondena i Europa. Statens haverikommission gjorde i sin rapport efter branden i Makedonska föreningen i Göteborg 1998 en jämförelse mellan nio av dessa bränder där branden utvecklats på liknande sätt. De kunde påvisa en rad likheter:

- *Branden har i samtliga fall startat i ett till den stora lokalen angränsande, obemannat utrymme.*
  - *Branden har i åtta fall vuxit sig stor i detta utrymme som saknat eller haft icke fungerande brandlarms- eller släcksystem.*
  - *När initialbranden har brutit sig igenom en brandteknisk eller annan avskiljning eller när en dörr har öppnats har brand- och rökspridningen gått mycket snabbt.*
  - *Larm om utrymning och varseblivning om faran har i åtta fall fungerat otillfredsställande.*
  - *Utrymningsvägarna har i fem fall varit otillräckliga, låsta eller blockerade eller har blockerats av rök i ett tidigt skede.*
  - *Människorna har i fyra fall varit dåligt orienterande om utrymningsvägarna och valt vägar till toaletter, kapprum eller andra biutrymmen som saknat utrymningsväg. Senare har de inte kunnat ta sig ifrån dessa biutrymmen, utan omkommit av giftiga brandgaser.*
  - *Då brandkåren har anlänt har det varit mycket svåra förhållanden som mött brandmännen.*
  - *Offren omkom i åtta fall primärt av rökförgiftning.*
- (Statens Haverikommission, 2001)

Utifrån ovanstående data och genom resonemang har åtta olika scenarion valts som är intressanta ur utrymnings- och brandperspektiv för Birger Jarl. Tre av dessa brandscenarier kommer att analyseras med simuleringar, beräkningar och diskussion. De övriga fem brandscenarierna kommer att analyseras genom diskussion och ingenjörsmässiga bedömningar. Anledningen till uppdelningen är främst deras direkta inverkan på utrymningsmöjligheterna och persontätheten i anslutning till branden.

## 9. Brand i garderob

Ett av de valda brandscenarierna är brand i garderoben. Valet av detta scenario motiveras med att det i garderoben samlas mycket brännbart material på en liten yta och att materialet som hänger där även är relativt lättantändligt. En annan viktig aspekt är att en brand kommer att inträffa i en lokal där persontätheten är hög, vilket försvårar utrymning och därmed försämrar personsäkerheten. Utrymningen sker ut i det fria genom den sydvästra utgången. Det går även att utrymma via baren för att sedan välja någon av de andra utrymningsvägarna.

I det tänkta brandsceneriet är det framförallt jackor av olika material och textilier som kommer att brinna. En trolig tändkälla till branden kan till exempel vara en anlagd brand, cigarettfimp, tändare eller dylikt.

### 9.1 Dimensionerande brand

Birger Jarl tar in 350 personer plus ytterligare 280 personer till uteserveringen. Utifrån detta personantal har det antagits att det kan hänga cirka 300 jackor i garderoben. Samma antal jackor har det även räknats med i den dimensionerade branden. Vidare har även beräkningarna utgått från att alla jackor i garderoben kommer att delta i branden efter en viss tid. Däremot har inte det trä som finns i klädracken och väggarna tagits med i beräkningarna. Detta har gjort att beräkningarna blir förenklade men ytterligare bränsle i form av trä kommer i verkligheten att tillföras branden.

Det bör även påpekas att 300 jackor, som använts i beräkningarna, kan under vissa säsonger vara ett minimum. Exempelvis vintertid då det är väldigt kallt och många människor har större jackor med mer material på sig. Således är antalet jackor i garderoben är säsongsberoende. Det kan således vara betydligt fler än 300 jackor i garderoben som räknats på i detta scenario.

Vid händelse av brand finns möjlighet att påbörja släckförsök, då släckutrustning finns tillgänglig i garderoben. Vid besöket ställdes frågan *”vad gör ni om brand inträffar i garderoben?”* till garderobspersonalen. Personalen i garderoben gav osäkra och tvetydiga svar och de flesta visste inte var handbrandsläckaren befann sig, trots att det finns en i garderoben. Utifrån dessa svar gjordes bedömningen att ett eventuellt släckförsök förmodligen kommer att misslyckas på grund av brandens snabba tillväxthastighet. Därför har endast beräkningar och simuleringar gjorts utifrån att branden får tillväxa ostört.

Då den dimensionerande branden i garderoben togs fram fördes en diskussion kring hur den skulle utformas. Ett värsta scenario liknande det försök som utfördes av Björn Johansson ute på Räddningsverkets skola i Revinge 2003 (Johansson, 2004) verkade inte troligt, eftersom branden i Johanssons försök får en extremt snabb tillväxthastighet. Här valdes istället ett  $\alpha$ -värde på 0,19, vilket är något lägre än i Johanssons försök, se bilaga 2.2. Vidare valdes värden på de ingående parametrarna där osäkerhet förelåg så att effektutvecklingen blev lägre än Johanssons försök. Detta för att göra brandscenariot

realistiskt men framförallt för att se hur allvarligt personsäkerheten drabbas vid ett scenario som inte är det värsta tänkbara.



Bild 9.1. Bild av garderoben i Birger Jarl. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

För beräkning av den dimensionerade branden har experimentellt framtagna värden använts vid beräkning av den maximala effektutveckling som rack 1 ger, se bilaga 2.1. Detta har gjorts eftersom massavbrinningen varit känd. Därefter har tillväxthastigheten beräknats med  $\alpha t^2$ -metoden för att se hur snabbt branden utvecklas. Den maximala effekt som rack 1 ger med 50 jackor är 1,75 MW. Den maximala effektutveckling som de tre racken utvecklar tillsammans är cirka 8 MW, se diagram 9.1.

Eftersom branden antas sprida sig vidare till intilliggande rack och därmed få en högre total effektutveckling undersöks genom beräkningar om branden blir ventilationskontrollerad, vilket den inte blir, se bilaga 2.3. Branden kommer att antända rack 2 efter cirka 50 sekunder, se bilaga 2.4 och 2.5. Antändning av rack 3 har antagits ske cirka 20 sekunder senare på grund av den höga strålning som förmodligen finns i garderoben vid denna tidpunkt.

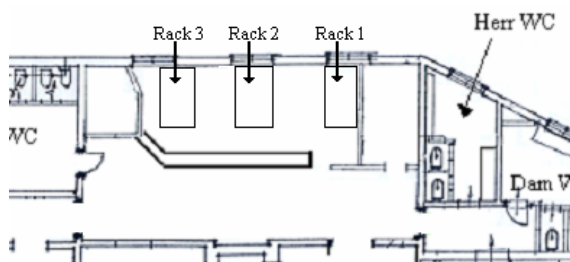


Bild 9.2. Skiss av garderobsrackens uppställning.

## 9.2 Förutsättningar för CFAST

Simuleringen bygger på de beräkningar och antaganden som gjorts angående den dimensionerande branden i det resonemang som förts tidigare. Av intresse är att studera den tid det tar tills kritiska förhållanden uppstår i övriga delar av fastigheten. De krav som ska uppfyllas enligt kapitel 6.1.2 för CFASTs giltighet uppfylls på samtliga punkter i garderobsbranden. Simuleringen startar när flambrand inträffar.

Som nämnts ovan börjar branden i mitten av racket intill den norra väggen. Vidare antogs utifrån beräkningar för strålning, se bilaga 2.4 och 2.5, att branden sprider sig till intilliggande rack, rack 2, vilket inträffar cirka 50 sekunder efter att branden startar. För att intilliggande rack ska kunna antändas krävs en strålningsintensitet på 15-20 kW/m<sup>2</sup>. Vidare dröjer det cirka 20 sekunder tills rack 3 antänds. Denna tid uppskattas med avseende på att takhöjden är låg och de höga strålningsnivåerna som vid denna tidpunkt råder i garderoben. De nämnda racken, se bild 9.2 ovan, kommer även de att ha en tillväxthastighet som är *ultrafast* med  $\alpha$ -värde 0,19, se bilaga 2.2.

## 9.3 Resultat från CFAST

På grund av det snabba brandförloppet kommer temperaturhöjningen i garderoben ske relativt snabbt samtidigt som brandgaslagrets höjd minskar. Efter cirka 2 min kommer övertändning att ske inne i garderoben, då är temperaturen är cirka 550°C i det övre brandgaslagret. Vid övertändning är CFAST inte längre tillförlitligt, men ger ändå en indikation av hur brandgaserna rör sig i fastigheten.

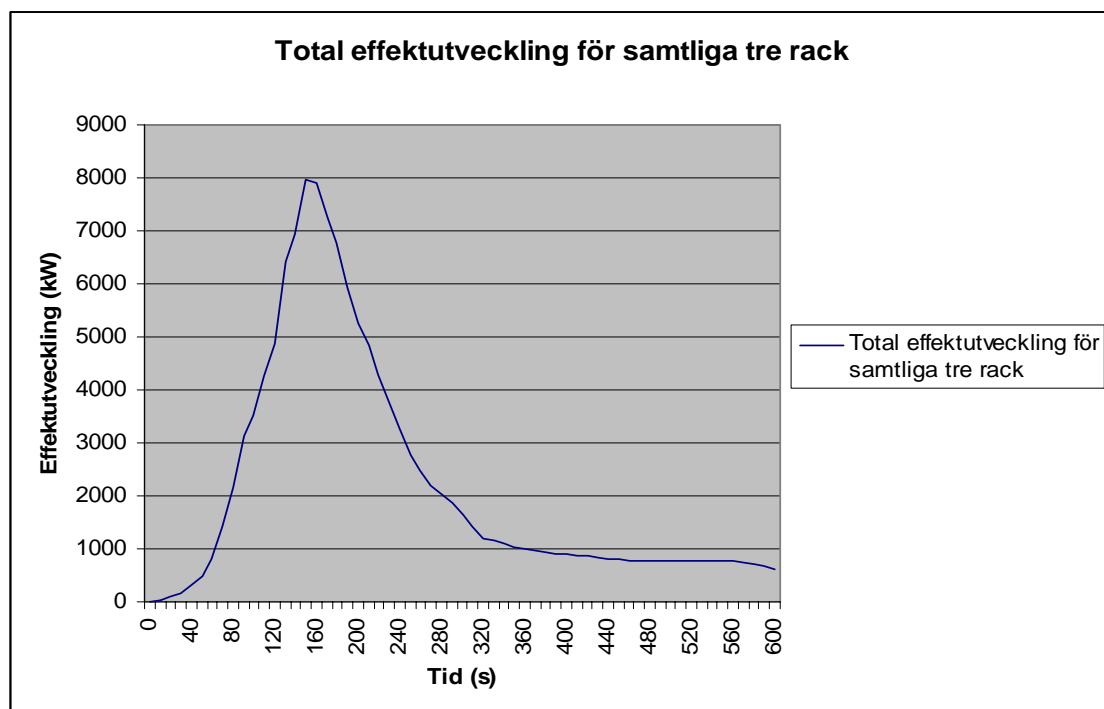


Diagram 9.1. Den totala effektutvecklingen för samtliga tre garderobsrack från det att branden startar. Diagrammet är framtaget i CFAST och visar endast effektutvecklingen från jackorna.

Diagram 9.1 visar den sammanlagda effektutvecklingen från de tre klädracken i garderoben och är uppritad efter utdatan från CFAST. Det intressanta med diagram 9.1 är hur snabb tillväxthastigheten blir för branden. Kurvan är inte riktigt realistisk då den avtar ganska snabbt efter att den nått sin topp. I det verkliga fallet kommer branden att involvera mer material än bara de jackor som diagrammet visar och därför inte avta i samma hastighet utan få en mer plant avtagande fas. Maximal effekt som utvecklas av branden blir cirka 8 MW men skulle kunna bli 16 MW innan den blir ventilationskontrollerad, se bilaga 2.3.

Redan efter 40 sekunder kommer kritiska förhållanden att råda i garderoben då brandgaslagrets höjd är nere den kritiska nivån av 1,9 meter från golvet.

Kritiska förhållanden i baren inträffar efter cirka 1,5 minuter, då brandgaslagrets höjd är nere på 1,9 meter från golvet och temperaturen är runt 80°C. Det snabba brandförloppet leder till att differenserna mellan temperaturer och brandgaslagrets höjd från golvet varierar kraftigt mellan korta tidsintervaller. Som exempel kan nämnas att efter 50 sekunder är brandgaslagrets temperatur i garderoben cirka 80°C, 30 sekunder senare är temperaturen cirka 200°C, se diagram 9.2 och 9.3 nedan.

Enligt BBR och dess definition av kritiska utrymningsförhållanden får inte strålningsnivåerna mot golvet överstiga 10 kW/m<sup>2</sup> mer än under några sekunder. Efter 2 minuter kommer strålningsnivåerna mot golvet att ligga på cirka 20 kW/m<sup>2</sup> i garderoben enligt simuleringen.

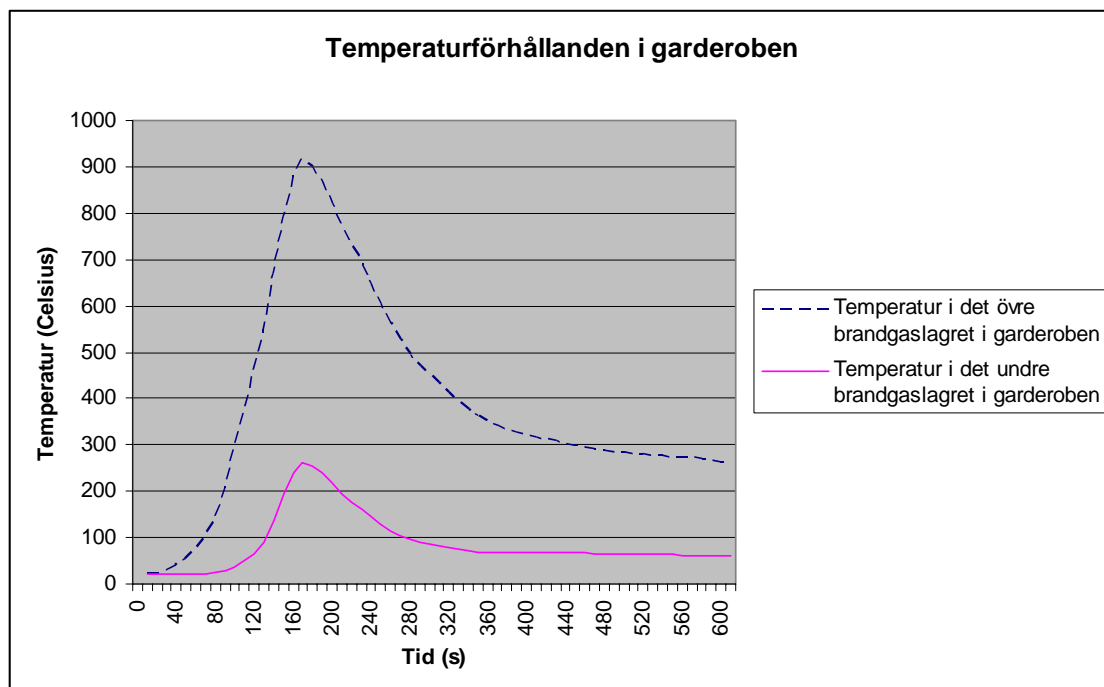


Diagram 9.2. Temperaturen i garderoben som en funktion av tiden från det att branden startar.



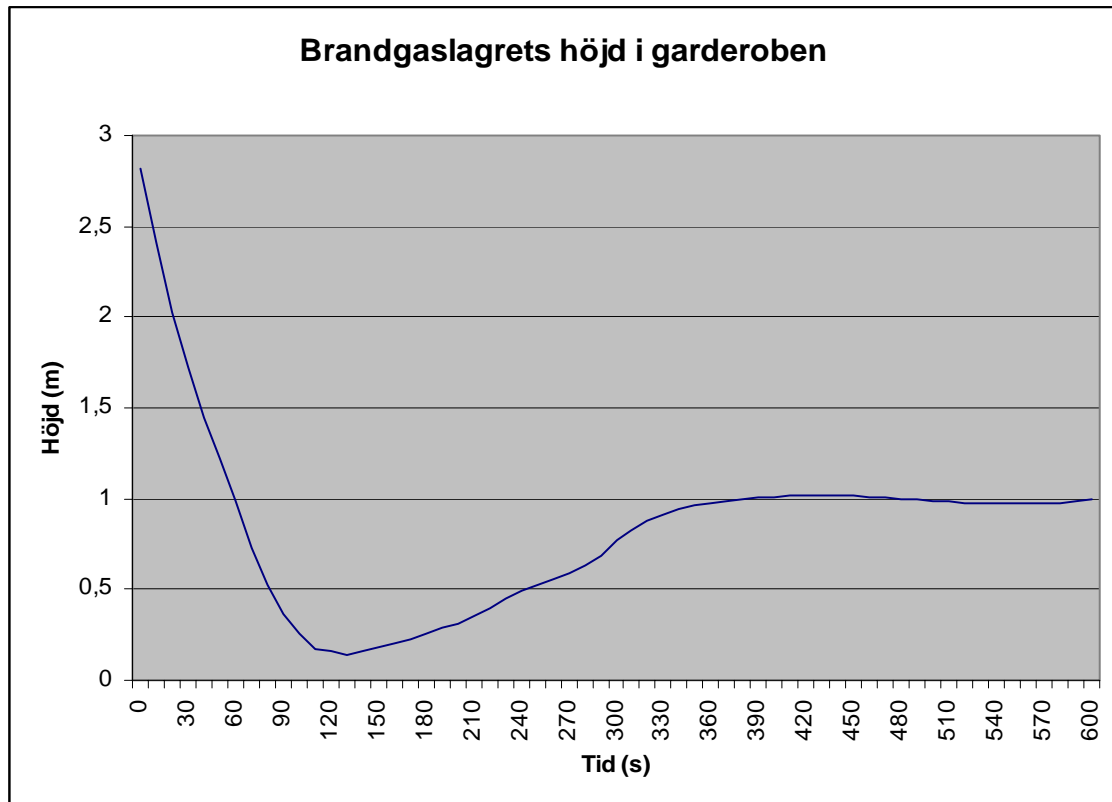


Diagram 9.3. Brandgaslagrets höjd över golvet i garderoben från det att branden startar.

<i>Tid till kritiska förhållanden</i>	<i>Garderoben</i>	<i>Baren</i>
Brandgaslagrets höjd (1,9 meter)	40 sek	100 sek
Temperatur i garderoben (80° C)	50 sek	100 sek
Strålning (2,5 kW/m <sup>2</sup> )	70 sek	3 min
<b>Sammanvägning (min)</b>	<b>1-1,5 min</b>	<b>2-2,5 min</b>

Tabell 9.1. Tid till kritiska förhållanden för garderobsbranden.

Då detta scenario ger en klar tvåzonsskiktning eftersom branden är stor i förhållande till rumsvolymen beräknas inte sikten eller toxiciteten i rummet. Det kan antas att brandgaslagret når den kritiska höjden innan sikten i övriga delar av rummet når kritiska nivåer. Vidare antas att sikten i brandgaslagret understiger kravet på 10 meters sikt, samtidigt som även höjden på brandgaslagret är kritisk. Samma resonemang som förs kring sikten används även för toxiciteten.

En ytterligare anledning till att sikten inte beräknas är dels att det är mörkt i lokalerna under nattklubsverksamheten samt att personer som ser röken lätt kan misstolka det som discorök.

Valideringsberäkningar för de av CFAST beräknade värdena har utförts. Dessa visas i bilaga 2.5 och jämförs med värdena i ovanstående tabeller och diagram.

## **9.4 Förutsättningar för Argos**

I Argos kommer förutsättningarna att vara desamma som i CFAST. Argos används som ett komplement till CFAST för att verifiera dess resultat. De krav som ska uppfyllas enligt kapitel 6.1.2 för Argos giltighet uppfylls på samtliga punkter i garderobsbranden.

## **9.5 Resultat från Argos**

Tillväxthastigheten för den dimensionerade branden leder till övertändning efter drygt 2 minuter. Detta värde stämmer bra överens med CFAST s övertändning som inträffar efter cirka 2 minuter. Det kritiska förhållandet för garderoben inträffar efter cirka 40 sekunder då brandgaslagrets höjd är cirka 1,9 meter från golvet. Strålningen når nivåer av 2,5 kW/m<sup>2</sup> efter cirka 70 sekunder.

Inne i baren kommer kritiska förhållanden att uppkomma efter cirka 2 minuter, då brandgaslagrets höjd är lägre än två meter över golvet. Dessa värden korrelerar väl med resultaten från CFAST.

## **9.6 Förutsättningar för Simulex**

Personerna som vistas i fastigheten antas ha en låg lokalkännedom vilket kommer att skapa sämre utrymningsmöjligheter. Utrymning via personalutrymmena kommer inte att vara kända för besökarna i lokalen. Simuleringen kommer även att ta hänsyn till att utrymning via den sydvästra utgången inte längre är möjlig 1 minut efter att branden startat då förhållandena börjar bli för svåra. I simuleringen kommer personer som befinner sig inne på damtoaletten söder om garderoben ändå att utrymma genom den sydvästra ingången. Detta för att det är den närmaste vägen ut i det fria. I verkligheten är det inte troligt att personer utrymmer genom garderoben då dessa förhållande förekommer. Personer som vistas inne på toaletterna antas bli varse branden efter cirka 80 sekunder.

Det höga persontrycket som uppstår vid utrymning från garderoben till baren kommer att ge upphov till att vissa personer blir varse om behovet av utrymning. Detta minskar varseblivningstiden och reaktionstiden generellt. Även de varma brandgaserna kommer att göra folk uppmärksamma på att någonting är fel.

Den lilla insyn som finns till garderoben utifrån de ställen där det är högst persontäthet i fastigheten kommer att leda till en lång varseblivningstid vad det gäller utrymning. Skulle förhållandena bli för svåra inne i baren samt stora salen kommer troligen personer som är utsatta att reagera snabbare. Forskning har även visat att personer väljer att utrymma samma väg som de kom in om deras lokalkännedom är liten (Frantzich, 2001). Detta skulle betyda att personer som befinner sig i baren troligen vill utrymma genom den sydöstra utgången, vilket är samma väg de kom in.

Dörren mellan baren och köket är stängd då simuleringen startar. När sedan kritiska förhållanden uppnås i baren kommer denna dörr bli tillgänglig för besökarna då de

kommer att söka alternativa utrymningsvägar. I verkligheten hade personer med stor sannolikhet även försökt att ta sig över bardisken för att komma undan de svåra förhållanden som råder och detta simuleras med den öppna dörren till köket. Detta innebär att vissa av personerna i simuleringen kommer att gå genom köket för att nå den sydöstra entrén.

Simuleringen startas då en flambrand inträffar och det finns en öppen låga. I bilaga 5 finns tabeller med samtliga responstider för simuleringen i Simulex. Simuleringen inkluderar alla tre faserna i utrymningen, det vill säga varseblivnings-, besluts- och reaktionstid samt förflyttning.

### **9.7 Resultat från Simulex**

Vid objektsbesöket var den sydöstra dörren till viss del stängd vilket inte gynnar utrymningen. Vid simulering har hänsyn till detta tagits och två olika simuleringar med olika öppningar har utförts. Det kunde påvisas att utrymningen går fortare med större dörrbredd och att det skiljer cirka en halv minut. Total utrymningstid med liten öppning är 5 minuter och stor öppning 4,5 minuter.

Vid den simulering som gjordes för att bedöma personsäkerheten användes den större dörrbredden. Trots detta uppkommer proppbildning vid den sydöstra utgången. Proppbildning kommer även att ske i dörren mellan baren och entrérummet. Även DJ-båsets placering i stora salen orsakar köbildningar. Detta då den är placerad cirka en halvmeter från en av de soffor som står på upphöjningen längs västra väggen i stora salen.

Då tillväxten av branden inne i garderoben går snabbt kommer kritiska förhållanden snabbt att uppkomma. 1,5 minuter efter att branden startar kommer det fortfarande vara mycket folk kvar inne på toaletterna och temperaturen i brandgaslagret kommer då att vara cirka 300°C. Brandgaslagret kommer samtidigt att ligga på en höjd 0,7 meter över golvet.

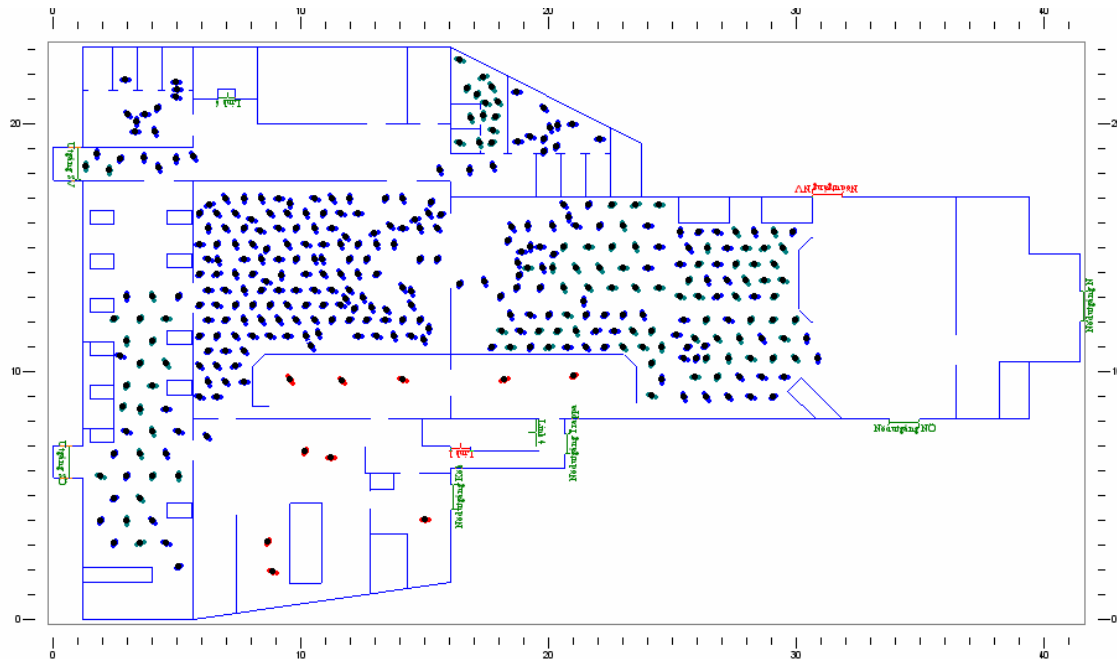


Bild 9.3. Cirka 1.5 minuter in i simuleringen av garderobsbranden.

Efter 2 minuter kommer en övertändning att ske inne i garderoben, temperaturen är då cirka 550°C. Övertändningen gör att simuleringsprogrammet CFAST inte är tillförlitlig längre. Det kan ändå antas att brandgaserna kommer att fortsätta spridas i övriga delar av byggnaden. Detta skulle betyda att brandgaslagrets höjd är nere på 1,5 meter över golvet och temperaturen är 120°C inne i baren, då övertändning sker i garderoben. Vid denna tidpunkt finns fortfarande ca hälften av personerna kvar i baren på grund av proppbildning.

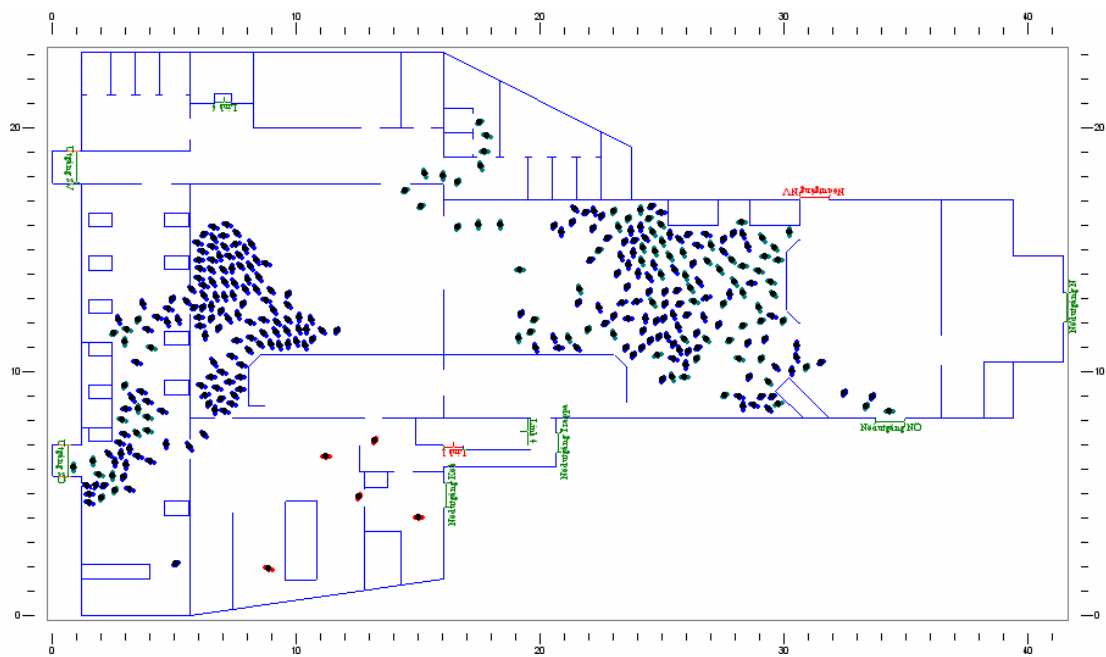


Bild 9.4. Cirka 2 minuter in i simuleringen av garderobsbranden med stor dörröppning i sydöstra ingången.

Baren är helt utrymd efter ungefär 3,5 minuter och då kommer brandgaslagrets temperatur att vara cirka 260°C och ligga på 1,5 meter från golvet. Dessa värden är inte helt tillförlitliga då övertändning har skett i garderoben och CFAST tillförlitlighet är låg.

Den långa utrymningstiden beror till stor del på den höga persontätheten i fastigheten samt att det finns en del förhöjningar i form av trappsteg som vid stressade situationer är lätta att snubbla över. Tid till kritiska förhållanden kontra utrymningstider visas i tabell 9.2 nedan.

<b>Utrymme</b>	<b>30 sek</b>	<b>1 min</b>	<b>1,5 min</b>	<b>2 min</b>	<b>2,5 min</b>	<b>3 min</b>	<b>3,5 min</b>
Temperatur i garderoben (°C)	40	100	290	550	-	-	-
Brandgaslagrets höjd över golvet i garderoben (m)	2,4	1,5	0,7	0,2	-	-	-
Temperatur i baren (°C)	20	30	60	120	200	250	260
Brandgaslagrets höjd över golvet i baren (m)	4,3	3,7	2,2	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Personer kvar i garderoben</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej
<b>Personer kvar i baren</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej

Tabell 9.2. Tid i 30 sekunders intervall för temperatur och brandgaslager för att åskådliggöra utrymningsförhållanden.

## 9.8 Personssäkerhetsanalys

Det utrymme som är mest kritiskt vad det gäller personssäkerhet och utrymning är garderoben. Hit räknas även dam- och herrtoaletterna då enda utrymningsväg är igenom garderoben. Även i baren uppstår kritiska förhållanden vilket försvårar utrymning. I dessa båda utrymmen kommer kritiska förhållanden inträffa då det fortfarande finns personer kvar.

I garderoben kommer kritiska förhållanden att inträffa efter cirka 40 sekunder, se tabell 9.1 ovan. Vid denna tidpunkt kommer det fortfarande att finnas folk kvar inne på både dam- och herrtoaletten. Dessa personer kommer troligen inte att försöka utrymma genom garderoben om svåra förhållanden råder. På grund av proppar och reaktions- och beslutstider finns även folk kvar i garderoben som inte har kunnat utrymma på grund av den höga persontäthet som råder.

Kritiska förhållanden i baren kommer att inträffa efter ungefär 1,5 minuter, se tabell 9.1 ovan. Det bör påpekas att brandgaslagret inte är lika homogent i verkligheten som den är i CFAST, vilket gör att temperaturskillnader kommer att finnas. Detta resonemang måste tas i beaktning speciellt när det gäller brandgaslagret i baren. Det kommer att finnas varmare brandgaser närmst garderoben i det tidiga brandförloppet.

<i>Utrymme</i>	<i>Tid till kritiska förhållanden uppstår</i>	<i>Personer kvar i utrymmet</i>
Garderoben	40 sekunder	Ja
Baren	100 sekunder	Ja

Tabell 9.3. Tid till kritiska förhållanden och personsäkerhet.

Den snabba tillväxthastigheten av branden kommer att leda till väldigt svåra förhållande på kort tid. Detta har gjort att varseblivningstiden för personer att uppfatta att en brand har uppstått har blivit så kort. I verkliga försök har det visat sig att varseblivningstiden i liknande typer av miljö är längre och ligger någonstans mellan 3-5 minuter (Boverket, 2006). Det har dock valts att sätta kort varseblivningstid på grund av de förhållande som uppkommer vid brand. Vidare påvisas att även om kortare varseblivningstid ansätts kommer personsäkerheten ändå att vara hotad.

Branden kommer även att sprida sig till andra delar av byggnaden, som tak och väggar. Detta kommer i första hand ske till angränsande utrymmen som toaletterna, baren och ovanvåningen via bland annat spiraltrappan.

Trots att scenariot som använts är långt ifrån det värsta möjliga fallet, utan snarare ett relativt mildt brandscenario, kommer ändå inte personsäkerheten att kunna garanteras. Det måste ses som mycket allvarligt eftersom ett värre brandscenario, vilket på något sätt inte är osannolikt, kommer ge ännu värre konsekvenser.

## 10. Brand i stora salen

Den stora salen i Birger Jarl används främst som dansgolv. Det finns en bar längs den östra väggen, soffgrupper längs den västra väggen som står på en cirka 30 centimeter hög upphöjning och en scen, med ett DJ bås framför i den norra delen av lokalen. Längst in i lokalen, bakom scenen, finns ett förråd med förvaring av stolar och allehanda saker.

Utrymning är möjlig åt flera håll. Det finns två nödutgångar, en åt öster och en åt väster en bit in i lokalen, som leder direkt ut i det fria. Det finns även möjligheten att ta sig ut via de ordinarie utgångarna. Barpersonalen kan även utrymma via köket i händelse av brand. Möjligheten att utrymma via förrådet längst in i lokalen har funnits då förrådet egentligen är en entré från början. Den är dock inte skyltad och dörren är låst.

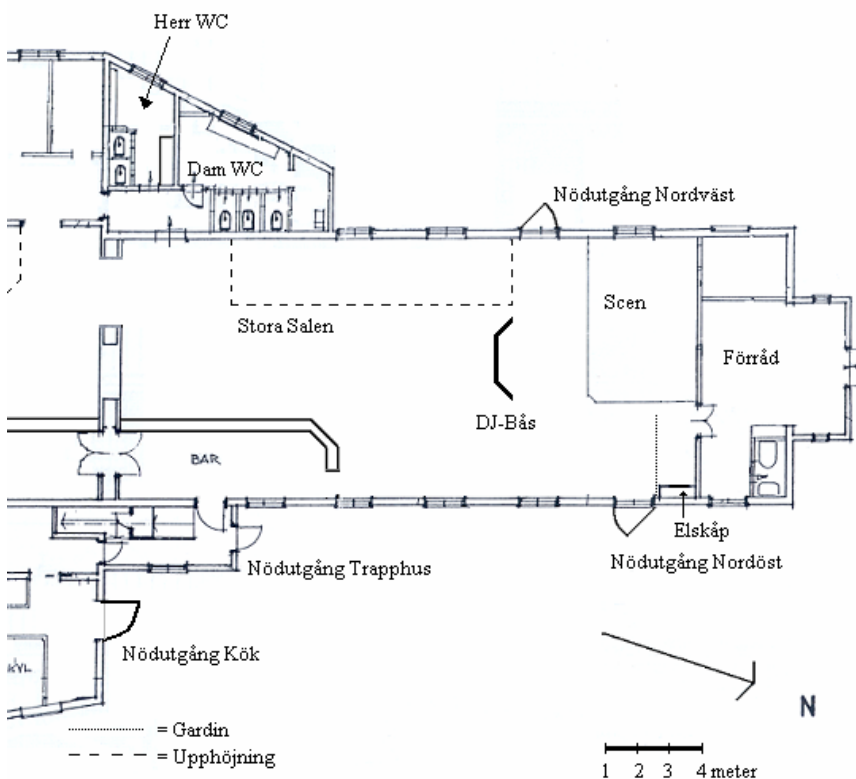


Bild 10.1. Principskiss över stora salen

### 10.1 Dimensionerande brand

Den dimensionerade branden är uppskattad till en brand i ett elskåp i den nordöstra delen av lokalen, se bild 10.2 nedan. Antagandet bygger på en kortslutning alternativt överhettning i elskåpet som sedan sprider sig till väggen. Väggen består av trä med en okänd typ av isolering. Med tanke på byggnadens ålder och hur den är uppförd i övrigt är det rimligt att anta att det är träflis eller sågspån som använts som isolering. Detta skapar en brand som är svårsläckt och som kan sprida sig långt in i stommen och till andra delar

av byggnaden. Elskåpet är ej heller synligt från dansgolvet under nattklubsverksamheten då en gardin är fördragen för att förhindra insyn i det bakre förrådsutrymmet.



Bild 10.2. Bild på elskåpet i nordöstra hörnet av stora salen. Foto: Jakob Dahlqvist 2006.

En brand i elskåpet kan ge två problem där den första är en försvårad eller förhindrad utrymning via den intilliggande nödutgången. Det andra problemet som kan uppstå är att elektriciteten slås ut. Att elen slås ut i ett tidigt skede är inte nödvändigtvis dåligt då personer som befinner sig i lokalen omedelbart kommer att märka att någonting har hänt. I de fall elen inte slås ut finns risken att branden får fortgå ett par minuter innan någon upptäcker den.

Som dimensionerande brand har en  $\alpha t^2$ -kurva valts före en kurva beroende av massavbrinningen. Detta för att verifierade värden för massavbrinningen har saknats för en stående vägg. Problematiken ligger i att den ökande återstrålningen från den vertikala flamman ger en ökande massavbrinning, vilket i sin tur ger en större flamma och så vidare. Därför är de experiment gjorda på stående väggar väldigt specifika för just den försöksuppställningen. Branden i elskåpet befinner sig även i ett hörn som ganska snart kommer nå taket vilket även det försvårar en uppskattning av massavbrinningen.

Med utgång från de tillgängliga värdena, se bilaga 3, har en *fast*-kurva valts. Den maximala effektutvecklingen är beräknad till 2,3 MW för väggstycket, se diagram 10.1 nedan. Att effektutvecklingen inte sedan stagnerar utan förutsätts vara konstant beror på att branden kommer att fortsätta att spridas horisontellt. Den horisontella spridningen är inte lika snabb som den vertikala, däremot kommer taket och den södra väggen fortsätta att bidra till effektutvecklingen. Brandspridning i tak är generellt väldigt snabb, särskilt i trätak. Om branden får fortgå ostört en tid kommer den tillta allt eftersom den sprider sig längs taket och väggarna.



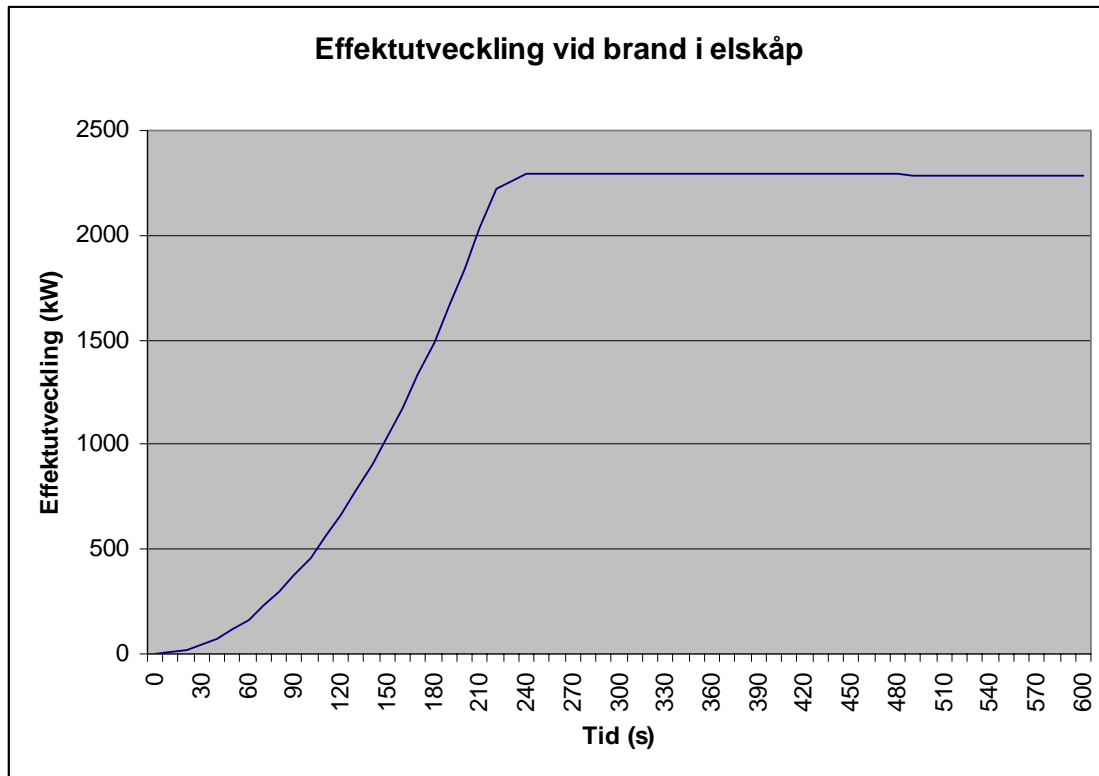


Diagram 10.1. Dimensionerande brand för brand i stora salen.

I beräkningen av effektutvecklingen har kablar och annan utrustning i skåpet försumrats. Kablarna kommer förmodligen att bidra till flamspridningen då de löper på utsidan av väggen upp mot taket och sedan viker av åt olika håll.

## 10.2 Förutsättningar för CFAST

Av intresse i detta scenario är att studera tiden tills det att kritiska förhållanden nås i brandrummet samt dess intilliggande utrymmen. Simuleringen har således inte begränsats till ett visst utrymme. De krav som ska uppfyllas enligt kapitel 6.1.2 för CFASTs giltighet uppfylls på samtliga punkter utom en i stora salen medan baren uppfyller alla. För stora salen ligger den punkten dock fortfarande under det ej godtagbara.

Branden placerades i det nordöstra hörnet av lokalen där el-centralen är placerad. Då elskåpet är placerat cirka en och en halv meter upp på väggen placerades även branden på den nivån. Branden var under hela förloppet bränslekontrollerad och simuleringen tilläts pågå under 900 sekunder. Tillförlitligheten hos CFAST vid en så lång simulering med en relativt komplicerad geometri är mycket låg vid slutet. Därav har resultaten från simuleringen använts i princip fram till dess att kritiska förhållanden uppstår i brandrummet. Resultaten efter kritiska förhållanden används för att ge en indikation om hur förhållandena kommer att se ut.

Byggnaden är i sig ganska otät vilket möjligen kan bidra till en fördröjning av tiden till kritiska förhållanden. Efter en simulering med ventilation i taket har inga nämnvärda skillnader noterats annat än vid orimligt stora taköppningar. Detta visar även att ventilationen har en underordnad betydelse i detta fall.

### 10.3 Resultat från CFAST

Brandgaslagret når en höjd av två meter ovanför golvet efter knappt tre minuter från det att branden startar. Vid den tidpunkten har brandgaslagret en temperatur på ungefär 130°C. Om personer inne i lokalen inte upptäckt branden eller påbörjat utrymningen kommer de att göra det inom ett mycket kort tidsintervall. Cirka en halvminut senare har brandgaslagret kommit ner till 1,7 meter ovan golv och har en temperatur på cirka 200°C vilket omöjliggör en upprätt gångstil, se diagram 10.2 och 10.3 nedan. Det skall dock påpekas att brandgaslagret inte är homogent omblandat med samma temperatur och höjd rakt igenom brandgaslagret. Men resultaten ger en bra fingervisning om när utrymningen blir svår. Brandgaslagrets höjd och temperatur blir cirka 1,3 meter och 400°C innan CFAST blir alltför otillförlitligt. Möjligheten till utrymning är då ytterst begränsad.

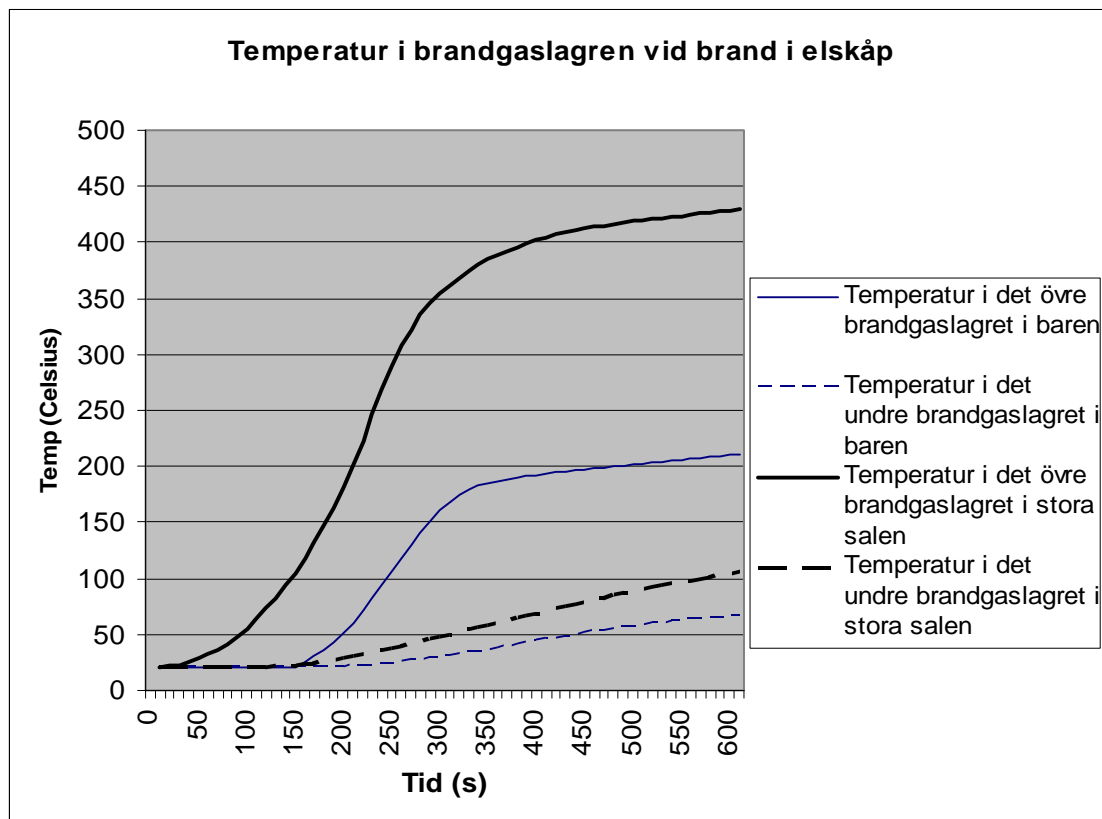


Diagram 10.2. Brandgaslagrens temperatur i baren och stora salen som en funktion av tiden.



Diagram 10.3. Brandgaslagrets höjd över golvet i stora salen som en funktion av tiden.

Brandgaserna kommer att sprida sig från den stora salen till intilliggande utrymmen. Den största öppningen är mot baren vilket innebär att baren kommer vara den lokal som först fylls med brandgaser. Detta sker ungefär samtidigt som kritiska förhållanden uppstår i den stora salen. Efter cirka tre och en halv minut från det att branden startar nås kritiska förhållanden i baren, med en höjd på brandgaslagret som är mindre än två meter över golvet och en brandgastemperatur på 80°C.

<i>Tid till kritiska förhållanden</i>	<i>Stora salen</i>	<i>Baren</i>
Brandgaslagrets höjd (2 meter)	3 min	3,5 min
Temperatur i stora salen (80°C)	3 min	3,5 min
Strålning (2,5 kW/m <sup>2</sup> )	3,5 min	9,5 min
<b>Sammanvägning (min)</b>	<b>3 min</b>	<b>3,5 min</b>

Tabell 10.1. Tid till kritiska förhållanden för stora salen och baren vid brand i elskåp.

Då detta scenario ger en klar tvåzonsskiktning eftersom branden är stor i förhållande till rumsvolymen beräknas inte sikten eller toxiciteten i rummet. Det kan antas att brandgaslagret når den kritiska höjden innan sikten i övriga delar av rummet når kritiska nivåer. Vidare antas att sikten i brandgaslagret understiger kravet på 10 meters sikt, samtidigt som även höjden på brandgaslagret är kritisk. Samma resonemang som förs kring sikten används även för toxiciteten.

En ytterligare anledning till att sikten inte beräknas är dels att det är mörkt i lokalerna under nattklubsverksamheten samt att personer som ser röken lätt misstolkar det som discorök.

Valideringsberäkningar för de av CFAST beräknade värdena har utförts. Dessa visas i bilaga 3.

#### **10.4 Förutsättningar för Argos**

I Argos kommer förutsättningarna att vara desamma som i CFAST. Argos kommer endast att användas som ett komplement till CFAST för att kontrollera dess resultat. De krav som ska uppfyllas enligt kapitel 6.1.2 för Argos giltighet uppfylls på samtliga punkter i stora salen.

#### **10.5 Resultat från Argos**

Simuleringen i Argos visar att brandgaslagrets höjd efter cirka 3 minuter var mindre än två meter från golvet inne i stora salen. Efter cirka 3,5 minuter kommer även brandgaslagret i baren vara nere på en höjd som är mindre än två meter. Vid en jämförelse med simuleringen i CFAST stämmer dessa värden väldigt bra överens. Tiden till det att strålningen blir större än  $2,5 \text{ kW/m}^2$  inne i stora salen är cirka 5 minuter.

#### **10.6 Förutsättningar för Simulex**

Tre simuleringar har gjorts i Simulex. I den första påverkas inte strömförsörjningen till DJ båset eller belysningen. Detta skapar en brand och ett brandförlopp som får pågå ostört och därigenom skapar en utrymningssituation som kan liknas vid den i garderoben. Människor i lokalen kommer att reagera olika snabbt på branden och utrymningen kommer att ske etappvis med människor som startar utrymningen vid olika tidpunkter, se även bilaga 5.

I den andra simuleringen antas att strömförsörjningen försvinner till DJ båset och belysningen i samma stund som branden bryter ut. Människorna i lokalen märker då på en gång att något är fel i och med att musiken stannar och lamporna stängs av. Då musiken stängs av och ljuset släcks kommer personer i lokalen enklare att uppmärksamma branden då den är en av de få ljuskällor som finns. Detta skulle kunna jämföras med ett brandlarm som startar vid detektion av brand, via en rökdetektor eller liknande, och som samtidigt stänger av musiken och lamporna. Ett följdproblem som uppstår är mörkläggningen av lokalen och därigenom försvårad utrymning, vilket kan avhjälpas med genomlysta utrymningsskyltar med batteridrift i händelse av strömavbrott. Validiteten av simuleringen ut ur stora salen när det är mörklagt minskar. Detta på grund av att det tar längre tid att utrymma i mörker. I detta scenario kommer människorna i den stora salen starta sin utrymning i princip samtidigt, se bilaga 5.

Den tredje simuleringen är precis som den första förutom att dörren i den sydöstra ingången är helt öppen.

Personer som befinner sig i stora salen utrymmer i huvudsak via de närmaste utrymningsvägarna. Då de flesta i lokalen kan sägas ha låg lokalkännedom är utrymningsvägarna via personalutrymmena inte kända för besökarna. I båda simuleringarna är utrymning via den nordöstra utrymningsvägen omöjlig eller begränsad. Personerna i Simulex reagerar olika fort på branden beroende på var i lokalen de befinner sig.

De personer närmast branden reagerar snabbast för att sedan ha längst reaktionstid ju längre bort i lokalen de befinner sig. Personerna i de övriga lokalerna reagerar då de ser människor som springer ut ur lokalen och förbi dem samt att man kan anta att personer meddelat varandra om att branden utbrutit. Till detta läggs en variation av reaktionstiden för att kompensera den tid det tar för människor att uppfatta och besluta om utrymning. Tiden till detektion i den stora salen för personerna sätts till en minut, se bilaga 5.3. Detta för att branden då bör ha upptäckts av samtliga i lokalen. Man kan även då anta att barpersonalen börjat sprida ordet vidare till personalen i baren intill och köket.

I detta scenario finns även uteplatsen med i simuleringen då det i denna simulering kan antas att flest människor utrymmer den vägen. Detta för att undersöka möjliga problem med utrymningen via insläppet.

Dörren mellan baren och köket är stängd då simuleringen startar. När sedan kritiska förhållanden uppnås i baren kommer denna dörr bli tillgänglig för besökarna då de kommer att söka alternativa utrymningsvägar. I verkligheten hade personer med stor sannolikhet även försökt att ta sig över bardisken för att komma undan de svåra förhållanden som råder och detta simuleras med den öppna dörren till köket. Detta innebär att vissa av personerna i simuleringen kommer att gå genom köket för att nå den sydöstra entrén.

Simuleringen startas då en flambrand inträffar och det finns en öppen låga. I bilaga 5 finns tabeller med samtliga responstider för simuleringen i Simulex. Simuleringen inkluderar alla tre faserna i utrymningen, det vill säga varseblivnings-, besluts- och reaktionstid samt förflyttning.

## **10.7 Resultat från Simulex**

Nedan listas resultatet från de tre simuleringarna i Simulex som utfördes i detta scenario.

### **10.7.1 Simulering utan att elen bryts**

De flesta personerna är ute ur den stora salen efter 3 minuter, ett tjugotal personer är kvar precis i öppningen mellan stora salen och baren. Vid tre minuter har även en del av personerna i baren påbörjat sin utrymning. Kraftig trängsel uppstår då i öppningen mellan baren och garderoben.

Efter fyra minuter har de flesta människorna påbörjat sin utrymning ut ur Birger Jarl. Flera trängs dock i olika öppningar ut ur baren och byggnaden, se bild 10.3 nedan.

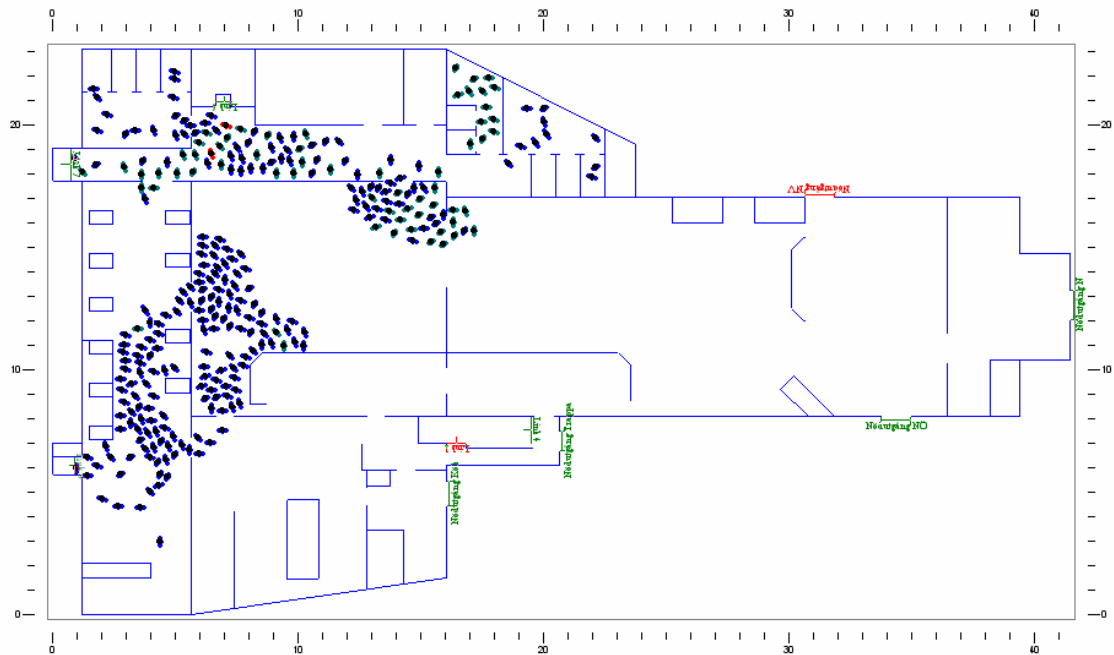


Bild 10.3. Cirka 4 minuter in i simuleringen av brand i elskåp utan att elen slås ut.

Efter ytterligare en minut är ett hundratal personer fortfarande kvar i byggnaden och trängs för att komma ut genom öppningarna. Samtliga människor är ute ur huset efter cirka nio minuter och ute från uteserveringen ungefär en halv minut senare.

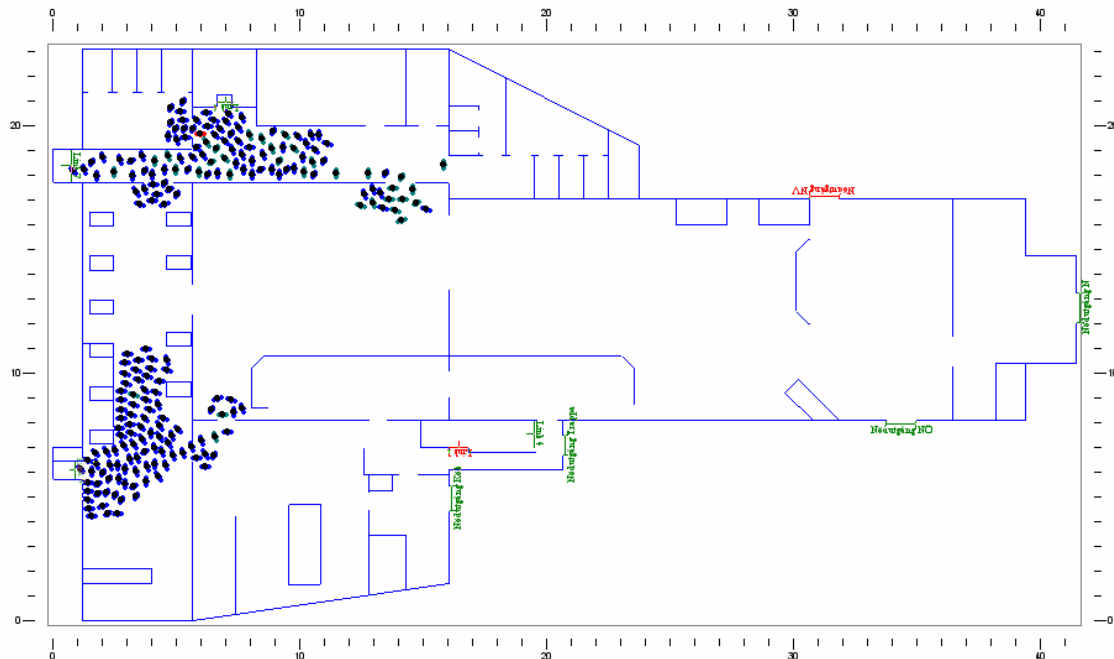


Bild 10.4. Cirka 5 minuter in i simuleringen av brand i elskåp utan att elen slås ut.

### 10.7.2 Simulering då elen bryts

Personerna har lämnat den stora salen efter drygt två minuter. Då har även personerna i baren påbörjat sin utrymning. Problem uppstår kring DJ bålet i den stora lokalen då passagen är liten och stockning uppstår. I baren har det uppstått kraftig trängsel kring de tre möjliga utgångarna till angränsande rum.

Vid tre minuter har utrymning påbörjats från samtliga lokaler. Dock är det fortfarande många personer kvar i baren på grund av trängsel vid utgångarna. Personer har även börjat utrymma från uteserveringen utan att trängsel uppstått. Efter ytterligare en minut finns ett fåtal personer kvar i baren. Övriga befinner sig nu på väg ut genom den sydöstra och sydvästra utgången där stor trängsel uppstått. Trängseln kring huvudentrén är även här markant vid denna tidpunkt.

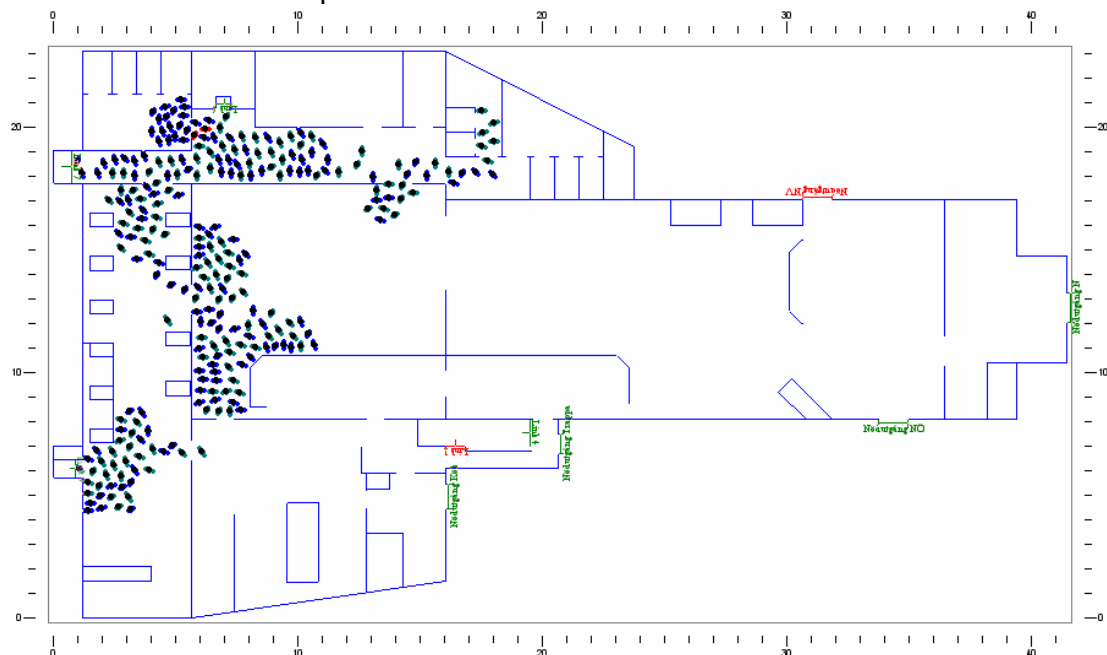


Bild 10.5. Byggnaden cirka 3 minuter in i simuleringen av brand i elskåp där elen slås ut.

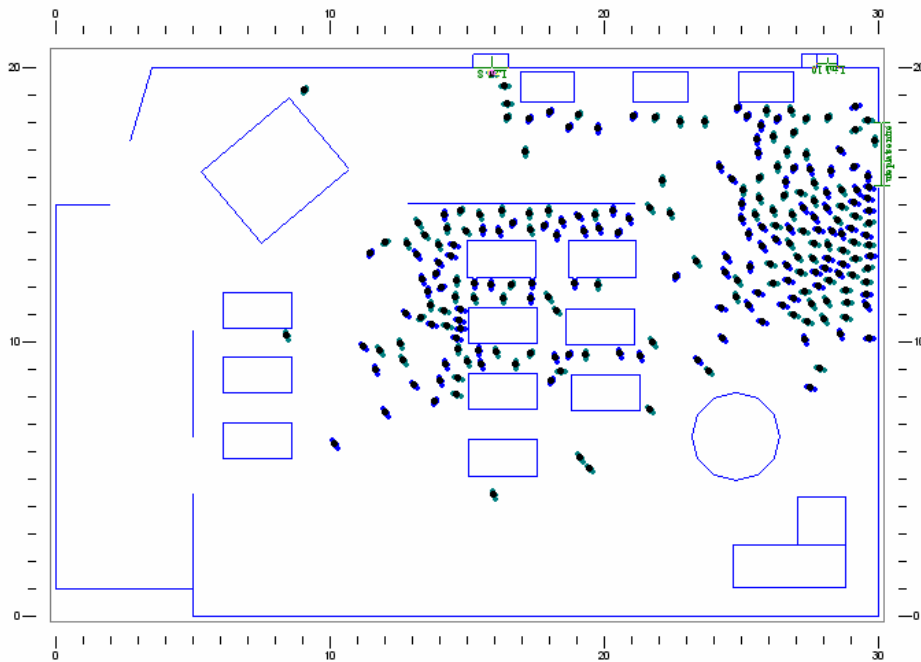


Bild 10.6. Uteserveringen cirka 3 minuter in i simuleringen av brand i elskåp där elen slås ut.

Fem minuter in i simuleringen är det fortfarande mycket stor trängsel vid de två utgångarna från byggnaden. Dels beroende på den stora mängden människor som skall ut den vägen men framförallt på grund av de relativt små dörrarna. Vid huvudentrén på uteplatsen är nu trängseln väldigt liten. Samtliga människor är ute ur byggnaden efter drygt åtta minuter och ute genom huvudentrén kort därefter.

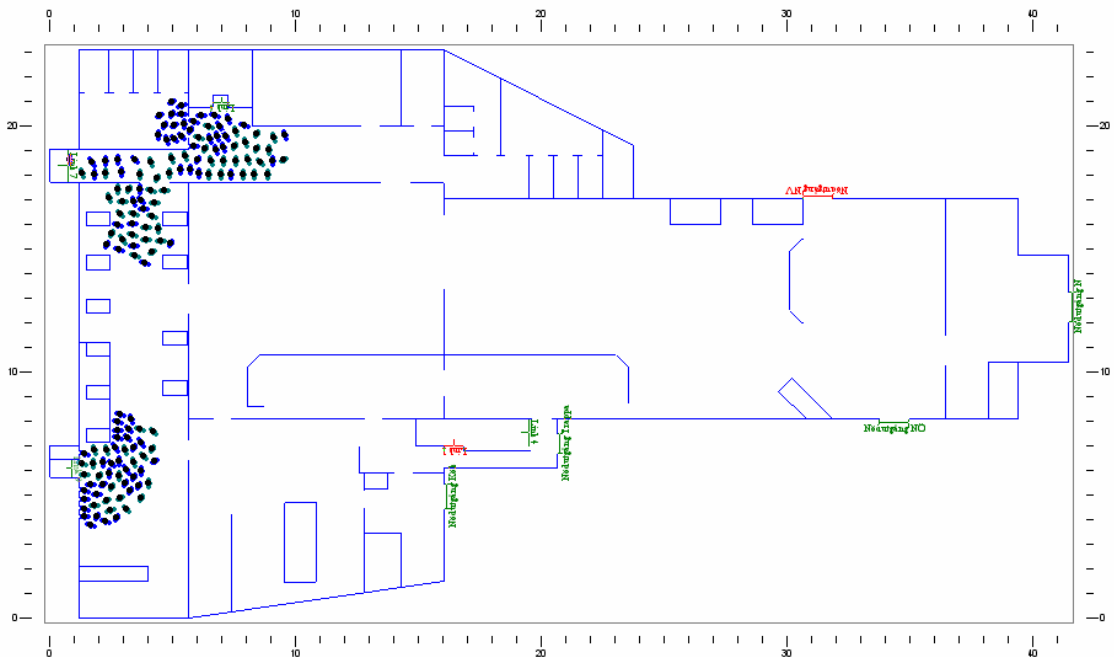


Bild 10.7. Cirka 5 minuter in i simuleringen av brand i elskåp där elen slås ut.



### **10.7.3 Simulering med stor dörröppning i den sydöstra entrén till byggnaden**

Vid besök av objektet noterades att en av dubbeldörrarna i entrédörren in i huset i det sydöstra hörnet inte gick att öppna. En simulering med båda dessa dörrhalvor öppna har utförts. En total skillnad i utrymningstid på drygt tjugo sekunder till fördel för den stora dörröppningen kunde påvisas i denna simulering. När samtliga var ute genom den sydöstra dörren var det ett trettiotal personer kvar i den sydvästra öppningen.

### **10.7.4 Sammanfattning av resultat från Simulex**

Skillnaden i utrymningstid på ungefär en minut mellan de två första simuleringarna beror till stor del på två faktorer. Den första är skillnaden i reaktions och beslutstid för de personer som vistas i den stora salen och övriga delar av byggnaden. Personerna varnas tidigare och kan därför ta ett snabbare beslut att utrymma. För det andra så sker en mer gemensam start av utrymningen. Personerna som bestämmer sig för att påbörja utrymningen samtidigt behöver inte tränga sig förbi lika många människor för att ta sig ut och därigenom få en lägre gånghastighet. Det skapar mer flyt i utrymningen.

Simuleringen med den större öppningen påvisar att endast en vidgning av dörren med en halvmeter gör en relativt stor skillnad. Istället för att endast en person kan ta sig ut genom öppningen åt gången kan nu två människor ta sig ut samtidigt. Skulle samtliga öppningar breddas ytterligare skulle utrymningstiden kunna minskas ännu mera.

## **10.8 Personsäkerhetsanalys**

Efter cirka tre minuter uppstår kritiska förhållanden i den stora salen. Vid denna tidpunkt finns fortfarande en del personer kvar i lokalen om utrymningen inte påbörjas samtidigt. Samtliga personer har påbörjat sin utrymning men har svårt att ta sig ut genom öppningarna. I det fall utrymningen påbörjas samtidigt befinner sig inga människor i stora salen vid denna tidpunkt. Återigen bör det påpekas att brandgaslagret inte är homogent och väl omblandat i verkligheten på det sätt som CFAST påvisar. Dock görs det antagandet för att vara på den säkra sidan.

De största problemen kommer att uppstå i baren där väldigt många människor fortfarande befinner sig i lokalen när kritiska förhållanden uppstår. Detta gäller oavsett om samtidig utrymning påbörjas eller ej. Öppningarna är alltför små för att den mängd människor som vill ut kan ta sig ut.

Även på uteserveringen uppstår problem när utrymmande människor från byggnaden stöter ihop med människor som utrymmer från uteserveringen. Denna problematik kommer i verkligheten vara ännu större då entrén är till hälften öppen för insläpp samt att bord för betalning och kravallstaket kommer vara i vägen.



## 11. Brand i källare

Källarbranden valdes som ett av de troliga brandscenarierna då det finns brännbara material i en väldig oreda i utrymmet i kombination med en trolig tändkälla. Tändkällan antas vara elfel eller överhettning i källarens tvättmaskin eller dess el-anslutning.



Bild 11.1. Bild på tvättmaskinen i källaren. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

Brännbart material och en eventuell tändkälla i kombination med att det inte fanns några branddetektorer, samt det faktum att det är en låg besöksfrekvens av personalen, skulle ge en eventuell brand relativt fritt spelrum att utvecklas innan någon upptäcker den.

Enligt ovan är möjligheterna för att detektera branden på ett tidigt stadium relativt små, men till slut kommer den att upptäckas. Förmodligen på grund av brandgaserna eller värmeutvecklingen som uppmärksammas av personalen i köket eller trapphuset. Eftersom detektionstiden förmodligen blir lång anses det vara relevant att närmare undersöka vilka konsekvenser en brand i detta utrymme kan få för personsäkerheten i byggnaden.

### 11.1 Dimensionerande brand

Den dimensionerande branden antas vara att det tar eld i det brännbara material som finns i närheten av tändkällan. Det brännbara materialet uppskattas att till största delen bestå av olika trädetaljer, således approximeras materialet att ha ungefär samma egenskaper som trä,  $\Delta H_c = 17 \text{ MJ/kg}$ . Tillväxthastigheten för en  $\alpha t^2$ -kurva för staplat trä antas följa en *fast*-utveckling, vilket motsvarar en tillväxthastighet på  $0,047 \text{ kW/s}^2$  (Karlsson & Quintiere, 2000).

Mängden material som kommer att involveras av branden uppskattas till 30 kg och ha en yta av cirka  $5 \text{ m}^2$ . Massavbrinningen för löst staplat virke är  $70\text{-}80 \text{ g/m}^2\text{s}$ , vilket används i handberäkningarna (SFPE, 1995). Vidare antas att branden initialt håller sig till ovan definierat material för att sedan sprida sig. För beräkningar se bilaga 4.

Handberäkningar visar att källarutrymmets relativt lilla volym och begränsade syretillgång kommer att ge en ventilationskontrollerad brand med en maximal effekt på cirka 3 MW. Hade branden haft fri tillgång till syre, så hade den hamnat i storleksordningen cirka 4,5 MW, se diagram 11.1 nedan samt bilaga 4.

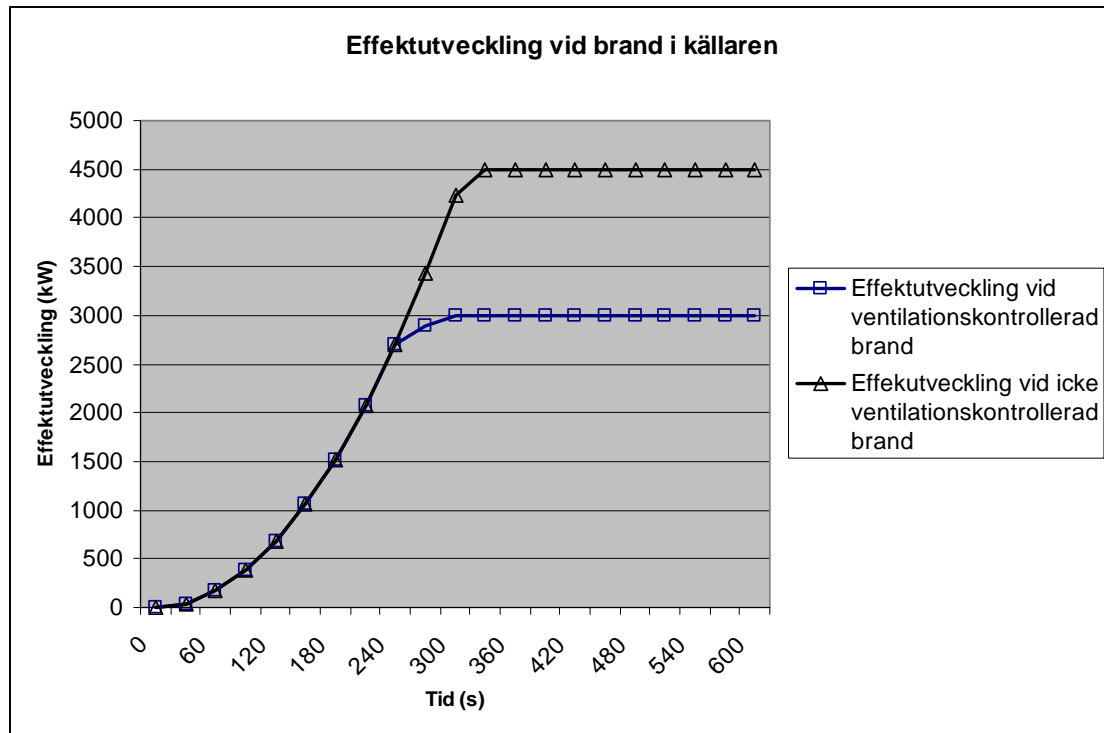


Diagram 11.1. Dimensionerande brand för brand i källaren.

## 11.2 Förutsättningar CFAST

En grundförutsättning för att uppnå en betydande brandgasspridning till övriga rum i detta scenario är att dörren till källaren är öppen. Branden placeras vid tvättmaskinen och simuleringen startar när flambrand inträffar. De krav som ska uppfyllas enligt kapitel 6.1.2 för CFASTs giltighet uppfylls på samtliga punkter i källaren.

## 11.3 Resultat från CFAST

CFAST har begränsningar när det gäller brandgasspridning mellan olika plan i en byggnad, ju fler våningsplan som är inblandade desto större är osäkerheten. Detta tas i beaktning när resultaten värderas.

Efter cirka 3,5 minuter uppnås temperaturer på upp mot 500°C i källaren. Dock kommer aldrig branden nå övertändning eftersom den blir ventilationskontrollerad. Att branden blir ventilationskontrollerad illustreras grafiskt i CFAST, vilket även verifieras med hjälp av handberäkningar, se bilaga 4. Det visar sig att CFAST och handberäkningarna korrelerar väl.

Kritiska förhållanden uppstår även i trappan ner till källaren, samt rummet utanför densamma efter cirka 2 minuter. Maxtemperaturer på cirka 250°C respektive cirka 160°C uppnås i trappan respektive rummet i anslutning till trappan. Även i trappan upp till övervåningen finns risk för att kritiska förhållanden uppstår med temperaturer på cirka 100°C då brandgasernas termiska stigkraft gör att de stiger uppåt. Här är dock CFASTs beräkningar inte längre trovärdiga, noggrannare slutsats än att det även i trappan finns risk för värmeutveckling kan man således inte göra.

Det visar sig att källarbranden inte kommer att ge upphov till någon direkt personfara, förutom om det är någon som befinner sig i källaren eller dess direkta närhet. Då källaren är relativt liten antas en eventuell brand uppmärksammas i ett tidigt skede om personer befinner sig i lokalen. Således kommer med största säkerhet inte en källarbrand leda till att personsäkerheten hotas.

Valideringsberäkningar för de av CFAST beräknade värdena har utförts. Dessa visas i bilaga 4.

#### **11.4 Förutsättningar för Simulex**

Simulex simulerar tiden för en utrymning, därefter jämförs utrymningstiden med tiden fram till dess att kritiska förhållanden uppstår i rummet. I fallet med källarbranden kommer det inte att nås kritiska förhållanden i något av de rum där det vistas människor i någon större utsträckning. Dock kommer man att vilja utrymma besökarna från byggnaden i händelse av en brand i källaren. Personerna är ställda att ta den närmaste utrymningsvägen ut ur byggnaden.

En annan viktig parameter som talar för en smidig utrymning är att i fallet med en källarbrand är ingen av de stora utrymningsvägarna blockerade och således är möjligheterna för utrymning goda. Även på ovanvåningen kan personer utrymma via spiraltrappan om den vanliga trappan är för rökfylld för utrymning.

#### **11.5 Resultat från Simulex**

Det föreligger inte någon egentlig personsäkerhetsrisk i detta scenario. Det kan ändå vara intressant att veta ungefär hur lång tid en utrymning av byggnaden tar. Därför simulerades scenariot och Simulex visade att det tar cirka 6 minuter att utrymma byggnaden. Det har då tagits hänsyn till att besökarna är alkoholpåverkade, larmspridningsfördröjning, att de inte ser branden etcetera.

#### **11.6 Personsäkerhetsanalys**

Beräkningarna och simuleringarna visar att det, förutom i själva källaren och i trappan upp, inte kommer att uppstå några kritiska förhållanden i byggnaden. I källaren vistas personer under kort tid och relativt sällan. Skulle personer befinna sig i källaren vid en eventuell brand så kommer dessa att upptäcka branden på ett tidigt stadium och kunna ta

sig ut i säkerhet. Således föreligger inget speciellt hot mot personsäkerheten i händelse av brand i källarlokalen.

Brandspridning till andra delar av byggnaden förväntas ske i ett senare skede. Detta då tak och väggar i källaren består av sten och betong. Brandspridningen kommer i första hand ske genom trappan upp från källaren. Det antas dock att detta sker när utrymningen är avklarad.

## 12. Övriga scenarion

Denna del syftar till att undersöka vad eventuella bränder i andra delar av Birger Jarl kan ha för konsekvenser på utrymning och personsäkerhet. I denna del analyseras scenariona via resonemang och diskussion. Inga beräkningar eller simuleringar har gjorts då syftet är att göra en grovanalys.

### 12.1 Brand på ovanvåningen i den östra flygeln

I det övre planet av den östra flygeln av Birger Jarl finns kontor, förråd och omklädningsrum för personalen. Ovanvåningen är förbunden med den västra flygeln via en gång ovanför baren och med bottenvåningen via en trappa. Här bedrivs den administrativa delen av verksamheten och relativt mycket personal vistas där under dag och kvällstid.

#### 12.1.1 Beskrivning av rum

Rummen på ovanvåningen har lågt i tak med väggar, golv och tak av trä. Generellt är det trångt och belamrat i rummen och gångarna däremellan. Det finns kontorstillbehör i form av skrivbord, datorer, stolar, hyllor med mera i kontoren. I förråden, precis som i kontoren, finns affischer, handdukar, gamla kassapparater och massor med övrig utrustning. Det finns även ett gammalt pentry överbelamrat med kartonger och diverse material, bild 12.1 nedan.



Bild 12.1. Bild på pentry i ovanvåningen i östra flygeln. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

#### 12.1.2 Förutsättningar och antaganden

Initiering av brand kan ske på många sätt. Det kan vara ett kvarglömt ljus, elektrisk utrustning som fallerar eller damm som antänds av gnistor från gamla elledningar och så vidare. Branden i detta scenario antas börja i kontoret längst in i flygeln. Det finns gott om brännbart material i rummet vilket förmodligen kommer att resultera i en snabbt växande brand i det lilla utrymmet, rummet är cirka 4 gånger 4 meter. Syretillförseln är förmodat god genom de otäta väggarna och fönstren. Fönstren lär även spricka relativt fort då de består av gamla fönster med ett eller två glas som i vissa fall är spruckna.

### **12.1.3 Personsäkerhetsanalys**

Det är tveksamt om en brand i denna del av byggnaden påverkar utrymningen på bottenvåningen vid tidig detektion av branden. Faran ligger i ett långt brandförlopp där branden får pågå ostört en längre tid. Detta är sannolikt i det fall då inga personer vistas på ovanvåningen. I det fall det befinner sig människor på ovanvåningen kommer dessa troligen tidigt att upptäcka branden, varsko andra och antagligen påbörja släckning med de handbrandsläckare som finns utplacerade. Utrymningssäkerheten för människor på ovanvåningen bör inte äventyras eller påverkas i någon större utsträckning vid denna brand. I det fall dörrarna inte är stängda kommer brandgaserna att sprida sig på ovanvåningen i första hand.

Är någon av dörrarna till kontoren stängd, vilket är troligt, är det mycket tveksamt om rökdetektorn på vinden aktiveras. Befinner sig ingen personal på ovanvåningen kan branden pågå ostört och undgå detektion. Detta innebär att detektering troligtvis sker genom någon person som ser flammorna genom fönstren utifrån, alternativt att branden spräcker rutorna. Det är inte säkert att en person som ser flammorna genom rutorna på andra våningen från uteserveringen tolkar det som en brand, särskilt inte under alkoholpåverkan. Det kan avfärdas som ett ljusspel eller att de antar att någon annan också ser det och helt enkelt inte bryr sig om att varsko andra personer i tron att någon annan gör det.

Om branden sprider sig ut genom fönstren äventyras sannolikt utrymningen via huvudentrén där strålningsvärmerna från flammorna kommer att vara intensiv. Viss strukturell instabilitet med nedfallande tak och trädetaljer med mera kommer ytterligare att försvåra utrymningen. I det fall utrymmande människor, både från byggnaden och uteserveringen, inte kan ta sig ut genom huvudentrén på grund av hettan uppstår stora problem. Människor kommer då antagligen att försöka klättra över det taggtrådsbeklädda stängslet som omgärdar stora delar av uteserveringen. Varseblivningstiden för de människor som befinner sig inne i byggnaden är mycket beroende på hur snabbt vakterna eller annan personal kan varsko personal och människor inomhus.

## **12.2 Brand på ovanvåningen i den västra flygeln**

Denna del av byggnaden inhyser en mängd lättantändligt material i form av papper och tyg vilket kan leda till väldigt svåra förhållanden. Den västra delen av flygeln är förbunden med den östra via en smal gång som löper över baren. Upptäckt av brand i den västra flygeln kan dröja då oftast inga personer vistas i detta utrymme. Sprider sig brandgaserna till den östra flygeln kan den upptäckas av personal som befinner sig på kontoret. De kan i sin tur inleda släckning och larma räddningstjänsten.

### **12.2.1 Beskrivning av rum**

Denna del av byggnaden används ibland som loge åt diverse artister som ska uppträda på Birger Jarl. I det ena av rummen finns bland annat en spis installerad och ett litet kök. Här finns även en soffgrupp med soffbord och kartonger med diverse saker i, bland annat papper. I rummet finns även en brandvarnare, denna är dock inte kopplad till det



automatiska brandlarmet och det är inte säkert någon hör den när ljudvolymen är hög. Det är i detta rum som branden antas uppkomma.

### 12.2.2 Förutsättningar och antaganden

Trolig antändningskälla kan vara levande ljus som välts eller har brunnit ner. Det kan även hända att någon röker i detta rum och att glöd från cigaretten kommer i kontakt med brännbart material. Det finns även mycket löst material och en del damm som skulle kunna antända vid gnistbildning i de gamla elledningarna eller av en anlagd brand.

I branden antas att soffgruppen eller material i närheten börjar brinna. För branden utvecklas kommer mer än soffgruppen och närliggande material att delta i brandförloppet efter en viss tid. Då soffgruppen deltar i branden kommer en stor del av materialet som brinner vara polyuretanskum och en viss del trä. Effektutvecklingen där soffor är involverade har visat sig bli väldigt hög (NIST, 2006). Även rökutvecklingen blir hög då polyuretanskum brinner. Polyuretanskum avger även brinnande droppar av smält material som sprider ut sig längs golvet vilket ökar brandspridningen inom soffgruppen och till andra delar av rummet.

### 12.2.3 Personssäkerhetsanalys

Då det är många olika faktorer som spelar in i händelseutvecklingen är det svårt att beräkna hur allvarligt brandförloppet kommer att bli. Om branden får fortsätta kommer scenariot leda till en övertändning i rummet. Har brandförloppet kommit så långt som till en övertändning kommer branden att sprida sig vidare via vinden och hota takkonstruktionen över garderoben samt baren. Det är svårt att uppskatta hur länge branden pågår med personer inne i byggnaden. Detta beror på när branden upptäcks, vilket kan ske genom att personer känner röklukt eller ser flammorna, till exempel genom det sydvästra fönstret. Bara för att personer upptäcker branden betyder det inte att de förstår allvaret i situationen. Även om branden upptäcks på ett tidigt stadium kommer det att ta tid att få personer som vistas i byggnaden att ta situationen på allvar. Detta kommer att leda till en långsam utrymning, vilket hotar personssäkerheten.

Om rummen blir övertända kommer fönstret på den sydvästra sidan att gå sönder. Detta kan leda till att branden sprider sig ut till den markis som finns placerad direkt under fönstret, se bild 12.2 nedan. Markisens tillväxthastighet är väldigt snabb, se kap 12.4. Detta kommer att leda till att branden sprider sig även utomhus längs hela den södra sidan. Ett scenario då det brinner både inomhus och utomhus kan leda till att personssäkerheten hotas allvarligt. Personer som utrymmer via de sydliga utgångarna kommer att springa ut i en miljö som är mycket ohälsosam. Om utrymning enbart sker via de nordliga utrymningsdörrarna kommer utrymningshastigheten att bli väldigt långsam.



Bild 12.2. Bild på byggnadens sydvästra del och markisens placering. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

### **12.3 Brand i köket**

Det finns goda anledningar att anta att en eventuell brand skulle kunna starta i köket då bland annat spisen, ugnen och fritösen är vanliga startföremål för bränder (Räddningsverket, 2006).

#### **12.3.1 Beskrivning av rum**

Köket har kapacitet att göra mat till cirka 150 gäster och det förekommer evenemang med servering av det antalet människor. Detta överstiger vida de 40 stycken gäster som gör att det kategoriseras som ett ”storkök” (Brandskyddshandboken, 2005).

#### **12.3.2 Förutsättningar och antaganden**

En eventuell brand upptäcks troligen i ett relativt tidigt skede eftersom det i princip alltid befinner sig personal i köket då nattklubben är öppen. Vidare finns inte speciellt mycket brännbart material, se bild 12.3 nedan, som skulle kunna starta en allvarligare brand vilken skulle kunna hota personsäkerheten i byggnaden. Det finns även en detektor som är kopplad till byggnadens brandlarm, se bild 12.4 nedan.

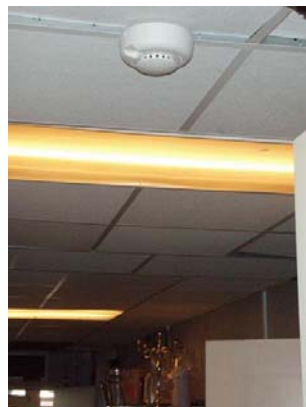


Bild 12.3 och 12.4. Bild på köket och dess rökdetektor. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

Som tidigare nämnt finns det mycket personal i lokalen, så en eventuell brand bör upptäckas tidigt. Det finns också relativt god tillgång till hjälpmedel för att utföra en släckinsats. I lokalen finns tillgång till centrumrulle, brandfilt, koldioxidsläckare och skumsläckare. De är dock delvis blockerade, men personalen tros ha så pass god lokalkännedom att de ändå vet var släckutrustningen finns, se bild 12.5-12.8 nedan.



Bild 12.5-12.8. Kökets släckutrustning: Centrumrulle, brandfilt, koldioxid- och skumsläckare. Foto Jakob Dahlqvist 2006

En trolig tändkälla är spisen, ugnen eller fritösen, förmodligen genom torrkokning eller att mat bränns vid. Även ett elfel i någon av köksmaskinerna kan ses som en trolig brandorsak.



Bild 12.9. Ugnen i köket. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

### 12.3.3 Personssäkerhetsanalys

Om en eventuell brand skulle uppstå kommer den omgående att uppmärksammas av personalen i köket. Förhoppningsvis inleds då en lyckad släckinsats med hjälp av brandsläckningsutrustningen som finns. Branden kommer att vara relativt begränsad, då köket i stort består av obrännbara material. Det finns gott om utrymningsvägar från alla kökets delar. Sålides föreligger liten risk att det uppstår allvarliga personskador vid en eventuell brand i köket.

I händelse av till exempel en fritösbrand skulle ett explosionsartat brandscenario kunna inträffa om branden bekämpas med en felaktigt utförd släckinsats. Ett sådant scenario kan leda till allvarliga personskador om släckutrustningen används på fel sätt. För att en lyckad släckinsats av en eventuell brand ska kunna utföras krävs en viss kompetensnivå hos personalen.

Matlagning och servering sker i störst utsträckning när det inte är nattklubsverksamhet på Birger Jarl, vilket ses som positivt ur personssäkerhetssynpunkt. Detta eftersom en eventuell brand i köket troligast sker när köksverksamheten är i full gång, vilket följaktligen inte är när det finns som mest människor i byggnaden.

### 12.4 Brand på uteserveringen

En brand i utomhusmarkiserna utgör ett intressant och troligt scenario på många sätt. Ett av de största skälen till valet av detta scenario, är att markiserna nästan uteslutande består av lättantändlig akrylfiber, vilket vid antändning ger ett hastigt och plötsligt brandförlopp. De 280 personer som enligt tillstånd får befinna sig på utomhusserveringen, måste då kunna utrymma snabbt och säkert. Utrymningen försvåras av att det endast finns en grind öppen i det två meter höga gallerstaket som omgärdar uteserveringen. Ytterligare en grind finns placerad bakom den västra utebaren, men denna är låst med ett hänglås som endast viss personal har nyckel till. Mycket dyrbar tid försvinner därför innan denna grind kan öppnas vid en utrymning.

En stor anledning till valet av en brand på uteserveringen är att det här finns gott om potentiella tändkällor. De tioalet gasolvärmare som står utplacerade är normalt till för att värma frusna gäster, men kan lätt bli en tänkbar antändningskälla då de befinner sig i

höjd med markiserna, se bild 12.10 nedan. Dessutom finns det under den stora markisen vid huvudingångarna flera infraröda värmeelement, vilka även de vid ett eventuellt elfel skulle kunna initiera en brand, se bild 12.11 nedan. En annan trolig tändkälla är någon av de cigarettfimpar som slängs av gästerna eller att någon anlägger en brand. Således ger närvaron av många tänkbara tändkällor en bra motivering till detta scenario.



Bild 12.10 och 12.11. Bild på uteserveringen samt ett infrarött värmeelement som är direktmonterat på markisen. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

Ytterligare en faktor som motiverar detta scenario och gör det intressant är att de människor som befinner sig på uteserveringen lätt kan invaggas i en falsk säkerhet vid en eventuell brand. Trots att de rör sig ute i det fria betyder det inte att de kan springa ifrån branden, utan utrymningen begränsas av staketet runt om.

#### 12.4.1 Beskrivning av uteserveringen

Uteserveringen består av ett 20 gånger 30 meter stort område omgärdat av ett två meter högt staket med taggtråd på toppen. Den ena av långsidorna är sammanbunden med Birger Jarls södra fasad och dess två huvudingångar. Uteserveringen är huvudsakligen möblerad med träsoffor och träbord, men även ett tiotal skinnsoffor finns utplacerade. Dessutom finns här två mindre barer inhysta i små träbodrar. Själva terrassen som möblemanget står på är gjord av trä.

Från uteserveringen finns det två grindar ut till omgivningen, dels den östra grinden där insläppet av gäster sker, och dels den västra grinden belägen bakom den ena av barerna. Den sistnämnda är som tidigare angetts låst med ett hänglås. Birger Jarl har tillstånd för 280 personer för uteserveringen, men då ingen kontrollerar antalet personer inomhus respektive utomhus, kan fler än dessa 280 befinna sig på uteserveringen.

#### 12.4.2 Förutsättningar och antaganden

Detta scenario förutsätter att markiserna på hela uteserveringen är uppfällda, vilket de alltid är under kvällstid vid nattklubbsverksamhet. Det förutsätts också att användningskällorna som anges är kapabla till att initiera en brand i markiserna, vilket är troligt men ej bevisat. När branden utbrutit antas den, med avseende på effekten, ha ett likvärdigt händelseförlopp med de försök på akrylfiber som utförts (Särdqvist, 1993). Branden avgränsas till att endast äga rum i markiserna, och en eventuell vidare spridning, i ett senare skede i brandförloppet, till andra föremål, bortses det ifrån.

När markiserna antänts erhålls ett snabbt brandförlopp, eftersom markiserna uteslutande består av akrylfiber. Den utvecklade effekten för en brand i akrylfiber med ytvikten 360 gram per kvadratmeter är enligt experimentella försök 1,5 megawatt efter cirka en minut, se diagram 12.1 nedan. I försöksupställningen hängde en tre kvadratmeter stor tygbit fritt och antändes av en 100 kilowatts gasbrännare. Massförlusten var 100 procent (Särdqvist, 1993).

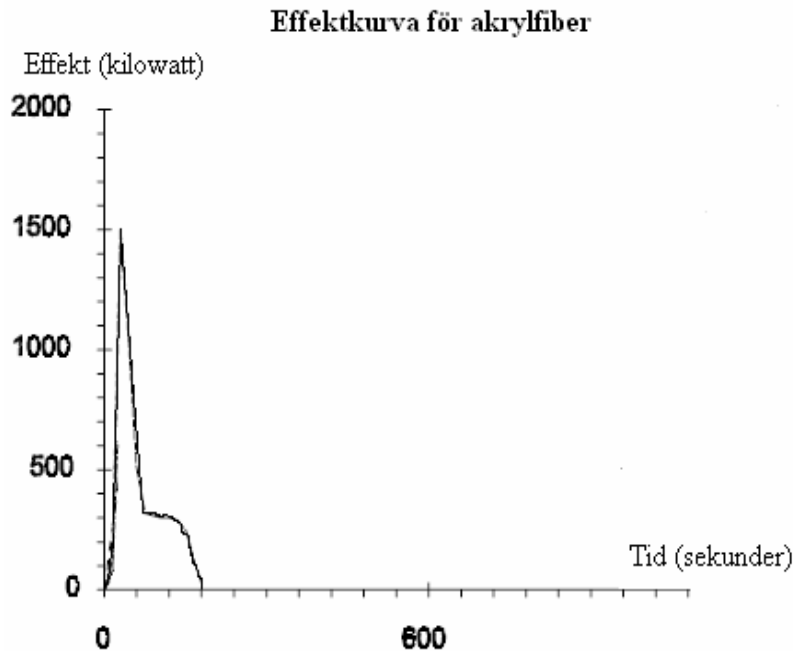


Diagram 12.1. Effektkurva för akrylfiber (Särdqvist, 1993)

Detta scenario har betydande skillnader mot de försök på akrylfiber som utförts av Särdqvist (1993). Birger Jarls markiser är uppsatta vågrät med en liten lutning. Antändningskällan är inte densamma och ytvikten på objektets markiser är inte känd. Trots dessa skillnader kan ändå slutsatser om en eventuell brand på uteserveringen dras från tidigare försök (Särdqvist, 1993). Branden i markiserna kommer att ha en snabb tillväxtfas, för att nå en kort topp på upp till ett par megawatts effekt, och därefter avta i nästan lika snabb takt. Den relativt höga effekten, som uppnås trots den korta brinntiden, resulterar i att branden genom antingen strålning eller flamspridning kan ta sig från en markis och antända en intilliggande dito.

Den korta brinntiden och markisernas höga position förhindrar dock branden från att sprida sig vidare till möbler. Det bör tilläggas att vid den stora markisen som är fäst i byggnadens södra gavel, är det oklart om branden kommer att kunna få fäste i väggen eller ej. Kontentan är ett snabbt brandförlopp med en hög toppeffekt under kort tid, eftersom branden ej sprider sig nämnvärt.

### 12.4.3 Personsäkerhetsanalys

För de personer som befinner sig på uteserveringen vid en eventuell brand skulle säkerheten kunna äventyras. Det snabba brandförloppet i kombination med det stora individantalet och en enda egentlig utrymningsväg, skulle kunna orsaka personskador vid en eventuell uppkommen flaskhals vid grinden. Främst är det då brännskador från brandens strålning som finns i åtanke, men det finns även risk för rökskador.

Personerna kan undvika branden och dess strålning, dels genom att söka skydd i de områden nära staketet och bakom barerna som branden inte når, och dels genom att ta sig in i byggnaden och där söka skydd. Det förstnämnda alternativet fungerar endast under en begränsad tid, men eftersom brandförloppet förmodas vara över hastigt och volymsmässigt avgränsad, är denna åtgärd funktionell i detta fall. Dessutom går det att klättra över staketet på de flesta ställen. Därtill skall det tilläggas att branden kommer att upptäckas tidigt och då uteserveringen är en öppen yta kommer varseblivningstiden och förflyttningstiden att vara väldigt kort. Dessa fakta sammantaget med att den stora grinden är 2,4 meter bred, gör att personsäkerheten på uteserveringen bedöms vara acceptabel, men dock inte fullkomlig. Det förutsätter dock att någon öppnar hela grinden som normalt är öppen till hälften för insläpp och utsläpp, samt blockerad av bord för betalning och kravallstaket med mera. Personer skall inte vid en utrymning från uteserveringen, om den genomförs korrekt, behöva drabbas av kritiska förhållanden.

En eventuell brand i markiserna på uteserveringen kan komma att förhindra utrymning genom de två södra nödutgångarna ur byggnaden. Detta spelar endast en roll om det även börjat brinna inomhus. Om så inte är fallet och det enbart brinner i markiserna kan de övriga åtgärder som nämndes i ovanstående avsnitt för att sätta sig i säkerhet fortfarande vidtas.

## 12.5 Brand i förråd

Förrådet är beläget i den norra delen av byggnaden bakom den scen som finns i stora salen. Det finns två ingångar till förrådet, en i direkt anslutning till stora salen vid elskåpet och en från utsidan. Under nattklubbsverksamheten är dörren mellan stora salen och förrådet stängd och inga gäster tillåts vistas där. Ett scenario i detta utrymme kan jämföras med branden i Makedoniska föreningen 1998 (Statens haverikommission, 2001). Likheterna är många, bland annat att det är ett sidoutrymme utan detektionssystem i direkt anslutning till en publik lokal, se även kapitel 8.

### 12.5.1 Beskrivning av rum

Rummet används framförallt för förvaring av bord och stolar. Det finns även en stege uppställd i förrådet som leder upp till ett litet loftrum, vilket gör att takhöjden varierar i förrådet. Väggar, tak och golv i förrådet består i stort sätt bara av trä.



Bild 12.12. Bild över förrådet i norra delen av byggnaden. Foto Jakob Dahlqvist 2006

### 12.5.2 Förutsättningar och antaganden

En trolig antändningskälla kan vara ett elfel eller en anlagd brand. Då det finns en del brännbart material i form av träbord och kartonger skulle en brand i detta utrymme kunna få en snabb tillväxthastighet. Syretillgången för branden är god då byggnaden är relativt otät och det finns fönster i förrådet som kommer att gå sönder vid en brand.

### 12.5.3 Personssäkerhetsanalys

I ett initialt skede av branden kommer inte personsäkerheten vara hotad då dörren mellan förrådet och stora salen är stängd. Om branden får tillväxa ostört samtidigt som personer inne i lokalen inte är medvetna om faran kan detta scenario få allvarliga konsekvenser för personsäkerheten. Det är inte troligt att branden upptäcks på ett tidigt stadium då inga personer vistas i detta utrymme och inga detektorer finns utplacerade.

Om branden skulle få tillväxa ostört skulle detta kunna leda till framförallt två allvarliga scenarion. Det första är om någon öppnar dörren till förrådet utan att vara medveten om att en brand uppkommit i detta utrymme. Beroende på hur länge branden har pågått kan varma brandgaser välla ut i stora salen. Vid ett sådant scenario kan kritiska förhållanden i stora salen uppkomma på väldigt kort tid. Detta skulle ur utrymningssynpunkt kunna jämföras med den utrymningssimulering som gjordes i kap 10.7.2. Personerna i lokalerna skulle antagligen bli medvetna om faran ganska omgående om brandgaser skulle börja välla ut från förrådet.

Det andra scenariot är att ingen upptäcker branden utan den får tillväxa helt ostört. Detta skulle kunna leda till ett scenario som kommer att få allvarliga konsekvenser ur personssäkerhetssynpunkt. Risken är att upptäckt av branden sker för sent och att gästerna meddelas i ett väldigt sent skede. Branden kan till exempel ha spridit sig till taket och kritiska förhållanden kan då uppstå väldigt fort när branden tränger in i stora salen.



## 13. Känslighetsanalys

Denna känslighetsanalys fokuseras på rapportens tre huvudscenarier, garderobsbranden, elskåpsbranden i stora salen samt källarbranden. Detta görs för att undersöka om ändrade ingående variabler ger någon större förändring på de slutgiltiga resultaten. De faktorer som påverkar personsäkerheten i störst utsträckning är dimensionen på branden, persontätheten och bredden på utrymningsvägarna.

### 13.1 Brand i garderob

Den dimensionerade branden har valts utifrån experimentella fullskaleförsök. Ingångsvärdena från fullskaleförsöket modifierades för att kunna användas i brandscenariot som skulle kunna utvecklas i garderoben på Birger Jarl. I de fall då viss osäkerhet förelåg för de valda värdena, valdes att använda värden som påverkade brandens effektutveckling så att den blev lägre än den annars kan antagas bli. Validering av resultaten producerade av CFAST och Argos visar att dessa är korrekta och inom felmarginalen. I det verkliga fallet kommer mer material att delta i branden än vad som räknats på i detta fall. Då Birger Jarl tar 630 personer totalt finns det en stor risk att det hänger fler än de 300 jackor det räknats på i detta fall. Till detta kommer även trämaterial och så vidare.

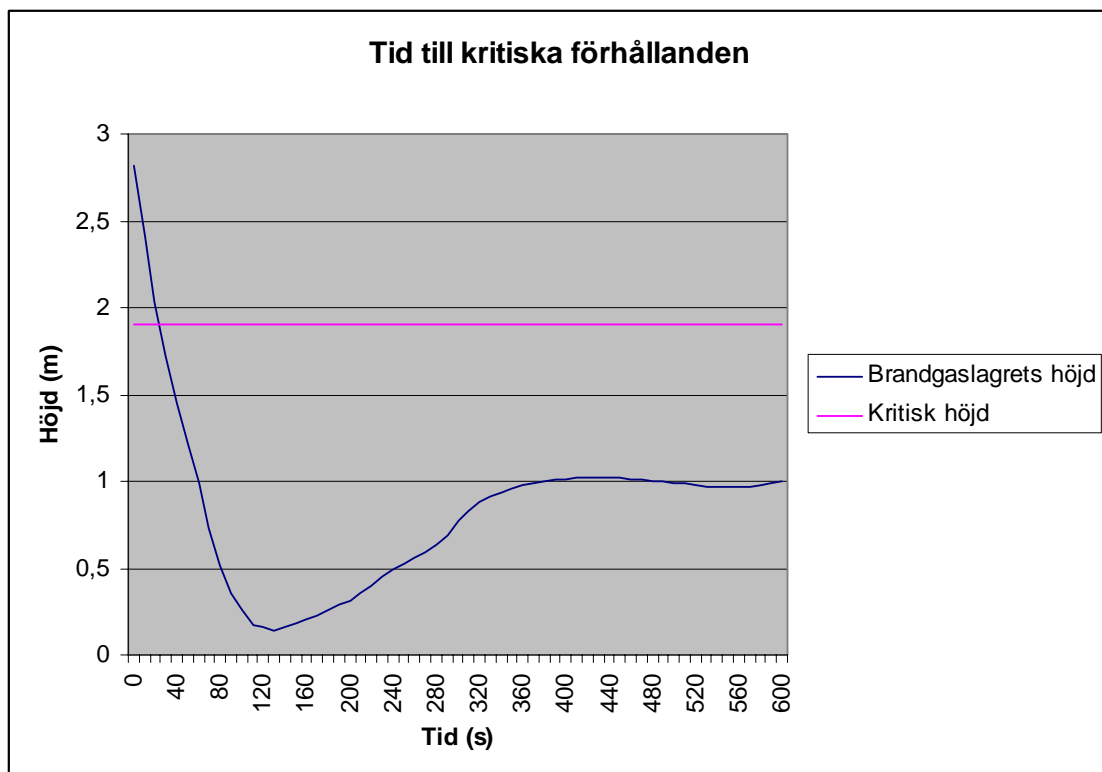


Diagram 13.1. Tid till kritisk höjd vid brand i garderoben.

Tiden tills att utrymning påbörjas i byggnadens olika delar vid en eventuell brand beror på en rad faktorer, dels förhållandena som branden skapar i rummet, visuell kontakt med branden men även på att personer uppmärksammar varandra. Personerna i lokalen har relativt korta besluts- och reaktionstider, särskilt vid jämförelse med de rekommenderade värdena för besluts- och reaktionstider i nattklubbsmiljöer (Boverket, 2006). Antas en lägre tillväxthastighet på branden blir besluts- och reaktionstiden längre då dessa beror på de förhållanden som branden skapar. Utvecklas branden inte lika fort kommer således människor att reagera senare.

En simulering i CFAST med samma tillväxthastighet som Johansson har även genomförts (Johansson, 2004). Simuleringen visade att kritiska förhållanden uppstår tidigare, men endast med en marginell skillnad från tidigare vald tillväxthastighet, se kapitel 9.

För att undersöka hur den totala utrymningstiden påverkas av ett minskat eller ökat antal gäster utfördes simuleringar där personantalet minskats respektive ökats med 100 gäster, se tabell 13.1 nedan. Det visade sig att trots detta relativt höga personbortfall minskade inte den totala utrymningstiden mer än en halv minut med en stor dörröppning på 1,3 meter i sydöst. På samma sätt ökade inte utrymningstiden med mer än cirka en halv minut om personantalet ökades med 100 personer. Vid simuleringar med liten dörröppning som är 0,75 meter, framkommer att utrymningen minskar med en minut respektive ökar med två minuter.

<i>Total tid för utrymning</i>	<i>250 personer</i>	<i>350 personer</i>	<i>450 personer</i>
Med liten dörröppning (0,75 m) i den sydöstra entrén	4 min	5 min	7 min
Med stor dörröppning (1,3 m) i den sydöstra entrén	4 min	4,5 min	5 min

Tabell 13.1. Jämförelser med varierad dörrbredd och personantal.

Detta är högst relevant då det inte finns någon som kontrollerar antalet människor inne i själva byggnaden utan bara det totala antalet människor innanför grinden. Det kan således befinna sig långt över det tillåtna antalet människor på 350 gäster i byggnaden.

Att inte utrymningstiden minskade mer med minskat antal gäster beror till stor del på de proppbildningar som fortfarande bildades mellan baren och entrérummet. Det visar sig i SP:s rapport angående Göteborgsbanden att även om man minskar personantalet i en välbesökt byggnad, så är det inte säkert att utrymningen går speciellt mycket fortare. De köbildningar som bildas är också vad som sätter begränsningar för utrymningen, och de bildas förmodligen även om personantalet minskar (SP, 2006).

## **13.2 Brand i stora salen**

De värden som använts för den dimensionerade branden har tagits från experimentellt utförda försök och modifierats för att passa detta scenario. Osäkerhetsmomentet är att

uppskatta den maximala effektutvecklingen. Lägre effektutveckling i det fall när elen inte bryts, kommer att ge längre varseblivningstid. Det är därmed inte sagt att en mycket lägre effektutveckling skapar samma förhållande som ursprungseffekten då det vid en väsentligt mindre brand inte kommer att skapas en lika klar tvåzonsskiktning. Ökas brandens effektutveckling kommer kritiska förhållanden uppstå snabbare och varseblivningstiden minskas ytterligare jämfört med de redan lågt ställda värdena i detta scenario.

I fall då elen bryts spelar effektutvecklingen mindre roll, eftersom personer uppmärksammar faran snabbare och därmed påbörjar utrymning i ett tidigare skede.

För att undersöka hur den totala utrymningstiden påverkas av ett minskat antal gäster utfördes även i detta scenario simuleringar där personantalet minskades och ökades med 100 gäster. Det visade sig även i detta fall att trots det relativt höga personbortfallet så minskade inte den totala utrymningstiden nämnvärt. Proppbildningarna kvarstod mellan baren och entrérummet samt ut ur utgångarna. Med det ökade personantalet ökade utrymningstiden med cirka 40 sekunder.

### **13.3 Brand i källare**

Det som kan vara intressant i detta scenario är vad som händer om dörren skulle vara stängd under brandförloppet. En stängd dörr skulle leda till att branden har mindre syre att tillgå och att den skulle bli ventilationskontrollerad i ett tidigare stadium. En annan konsekvens ifall dörren är stängd och branden får pågå en tid är att en så kallad backdraft skulle kunna uppstå om dörren hastigt öppnas och branden får tillgång till nytt syre, till exempel när barpersonalen skall hämta mer alkohol.

En större effektutveckling eller högre tillväxthastighet skulle inte påverka resultaten i källarbrandsscenarioet nämnvärt. Detta eftersom branden ändå blir ventilationskontrollerad och inte kommer att nå övertändning.

En mindre effektutveckling skulle kunna leda till att branden detekteras senare eftersom rök- och värmeutvecklingen då blir mindre och således minskar sannolikheten att personalen uppmärksammar branden.



## 14. Diskussion och slutsatser

Vid analys och diskussion av resultaten från beräkningarna och simuleringarna på de olika brandscenarierna har följande tagits i beaktning:

- När kritiska förhållanden uppstår sker inte detta momentant i hela brandrummet, utan det är ett händelseförlopp som utgår från brandhärden och därifrån utbreder sig. Således kan det inte uteslutas att utrymning kan ske längre bort i rummet eller i intilliggande rum trots att kritiska förhållanden råder vid brandhärden.
- En viktig aspekt är att utrymning kan vara möjlig även om kritiska förhållanden råder, vilket betyder att en utrymning under kritiska förhållanden inte behöver vara livshotande eller att risk för allvarliga personskador föreligger (Brandskyddshandboken, 2005).
- Det bortses i samtliga beräkningar och simuleringar från en eventuell förbrinntid, vilket innebär att tiden till kritiska förhållanden blir konservativ.
- De tider för varseblivning, beslut och reaktion samt förflyttning som används i de olika simuleringarna i Simulex kan vara för kort ansatta. Forskning har visat att människor, som vistas i miljöer liknande den på Birger Jarl, har långa varseblivnings-, reaktions- och beslutstider (Brandskyddshandboken, 2005). Detta på grund av att personer kan vara alkoholpåverkade och vistas i en miljö med hög musikkvolym och konströk. Då tiderna i Simulex är kort ansatta och det ändå kan påvisas att personsäkerheten inte är tillfredställande kommer personsäkerheten vara än mer hotad i det verkliga fallet.
- Birger Jarl får ta in totalt 630 gäster varav 350 i huvudbyggnaden och 280 på uteserveringen. Det bör beaktas att fler än de 350 tillåtna gästerna kan befinna sig i huvudbyggnaden eftersom kontroll av in- och utpassage endast sker direkt vid grinden. Eftersom personsäkerheten i vissa av scenarierna inte kan garanteras redan vid maximalt tillåtna 350 gäster i byggnaden är det synnerligen allvarligt ifall fler gäster befinner sig i lokalerna.
- De 300 jackor som används i beräkningarna är förmodligen ett minimum då det totalt tillåtna antalet människor innanför grinden är 650 stycken.
- Överlag är brandbekämpningsredskap som till exempel handbrandsläckare och brandfilt i allmän oordning med diverse föremål som delvis döljer dem. Ett enkelt sätt att höja brandsäkerheten vore att rensa undan kring dessa för att på så sätt bättre kunna utnyttja dem och deras strategiska utplacering.
- Uppsala brandförsvaret har ingen i förväg utarbetad insatsplan för Birger Jarl. Något de borde ta i stark beaktning att utföra eftersom en eventuell brand kan komma att få förödande konsekvenser. Räddningstjänsten kommer vid en brand på Birger Jarl att vara satt under stor tidspress och därför vore en redan färdig insatsplan lämplig. Det är en relativt enkel åtgärd som kommer att spara värdefull tid och underlätta eventuell insats.

## **14.1 Larm och detektorer**

Det befintliga utrymningslarmet på Birger Jarl är i dagsläget inte tillräckligt, då ljudsignalen endast hörs i köket under nattklubsverksamhet och lätt kan misstolkas som inbrottslarm. Detta medför en ökning av varseblivningstiden för besökarna eftersom larmet måste passera flera led innan de uppmärksammar faran. Dessutom saknas detektorer i de publika lokalerna där gästerna vistas, vilket är en allvarlig brist.

Dagens system där discjockeyn har det övergripande ansvaret för att varsko gästerna är oacceptabelt. Det är ett alldeles för stort ansvar för en enda person att se till att utrymningen påbörjas på ett effektivt sätt. Dessutom finns alltför många felkällor, till exempel att det är en inhyrd discjockey som inte är fullt insatt i hur varseblivningsproceduren ska gå till, se även kap 4.6 och 5.3.

Att G4S skall ringa till någon på Birger Jarl kan ifrågasättas. Risken finns att personen som de ringer till inte är på Birger Jarl, att personen har lämnat telefonen på kontoret eller att telefonen helt enkelt inte är påslagen vilket resulterar i att värdefull tid går förlorad, se även kap 4.4 och 5.3.

En effektivare larmanläggning med ett bättre utrymningslarm och med ett lämpligt ingående detektorsystem hade förbättrat personsäkerheten i byggnaden avsevärt. Denna åtgärd ger en tidig och säkrare detektion av en eventuell brand. Därför borde det i alla utrymmen där brand kan uppstå finnas lämpliga detektorer.

Det är önskvärt att larmet går direkt till räddningstjänsten, speciellt under nattklubsverksamhet på Birger Jarl, eftersom det då är en väldigt hög persontäthet i byggnaden. Dagtid kan larm till räddningstjänsten ske via larmlagring för att undvika onödiga falsklarm.

## **14.2 Sprinkler**

Det har under arbetets gång förts en diskussion om att installera ett sprinklersystem. Fördelen med ett sprinklersystem i till exempel garderoben är att branden kan begränsas eller släckas ner. Det skulle kunna leda till att kritiska förhållanden inte uppstår eller att tiden till dessa ökar. Det skulle generellt förbättra personsäkerheten i Birger Jarl samt förhindra branden att sprida sig. Nackdelen är att brandgaserna blir omblandade i hela rummet i ett tidigt skede vilket kan försämra sikten vid utrymning.

Det har även förts en diskussion om huruvida byggnaden ska totalsprinklas eller om endast de publika delarna ska sprinklas. Då rapporten bara ser till personsäkerheten anses inte sprinkler behövas i de icke publika delarna under förutsättning att ett lämpligt detektions- och larmsystem installeras. Detta anses tillfredställande ur personsäkerhetssynpunkt eftersom gästerna då blir varse om branden tidigt och de kan således utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i deras närhet. Vid en brand i de publika delarna är däremot inte ett detektions- och larmsystem tillräckligt. Här behövs även sprinkler för att förlänga tiden till det att kritiska förhållanden uppstår.

### **14.3 Brand i garderoben**

Resultaten från beräkningarna och simuleringarna visar att kritiska förhållanden i garderoben kommer att uppstå efter cirka 40 sekunder. Vid denna tidpunkt har ett tiotal personer i garderoben inte hunnit utrymma och ett fyrtiotal personer som befinner sig på toaletterna har inte ens hunnit bli varse om branden. Även i baren inträffar kritiska förhållanden innan alla personer har satt sig i säkerhet.

Känslighetsanalysen påvisar att även vid en lägre tillväxthastighet kan inte personsäkerheten garanteras, framförallt på grund av att varseblivningstiden blir längre. Då det inte finns något detektionssystem i de lokaler gästerna vistas i, är varseblivningstiderna beroende av när och hur personer uppfattar faran och därefter uppmärksammar andra. Eftersom det är svårt att få en bra överblick och insyn i de andra lokalerna på grund av fastighetens geometri, tar det längre tid för personer i till exempel baren än garderoben att bli uppmärksammade om faran. En långsammare tillväxthastighet resulterar i att personer längre från branden inte blir varse om situationen lika tidigt som vid en snabb tillväxthastighet. Ur personsäkerhetssynpunkt har därför tillväxthastigheten en underordnad betydelse utom vid extrema variationer.

En faktor som gör stor skillnad i utrymningstid är ett väl fungerande detektionssystem med ett talat meddelande. Detta skulle förkorta dels varseblivningstiden, men även reaktions- och beslutstiden. Ett detektionssystem skulle ge personer, oavsett var de befinner sig i lokalen, kännedom om branden i ett tidigt skede. Ett talat meddelande medför att personer som inte är medvetna om branden reagerar snabbare och därefter tar ett snabbare beslut om utrymning, jämfört med om faran uppmärksammas och meddelas genom andra människor.

Då det i dagsläget inte finns öppningsbara fönster på toaletterna är det viktigt att personer som vistas här blir medvetna om situationen tidigt. Öppningsbara fönster skulle ge ytterligare möjlighet till utrymning om kritiska förhållanden uppstår snabbt i närheten av toaletterna.

När väl beslut har tagits om att påbörja utrymning kommer utrymningsvägarnas dörrbredd att vara gränssättande för hur snabbt personer kan sätta sig i säkerhet. I detta scenario visar simuleringarna att det främst är bredden i dörren mellan baren och entrérummet, samt i nödutgång sydöst som har störst betydelse. Det är här de största köbildningarna uppstår, vilket resulterar i avsevärt längre utrymningstid än om personer inte hade behövt stanna upp vid utrymning.

Känslighetsanalysen visar att ett sänkt personantal till 250 personer minskar utrymningstiden i Simulex med cirka 30 sekunder med stor dörröppning. Det påvisas också att 100 tillagda personer, utöver de 350 tillåtna, ökar den totala utrymningstiden med cirka 30 sekunder. Dock finns det självklart gränser för hur mycket personantalet kan modifieras innan utrymningstiden ändras drastiskt. En ytterligare ökning med hundra stycken gäster till totalt 550 stycken, skulle öka den totala tiden för utrymning mycket mer än de tidigare 30 sekunderna.

Vid objektsbesöket observerades att den sydöstra dörren inte gick att öppna helt. Vid simuleringar med en liten dörrbredd visade det sig att utrymningstiden ökar markant vid ett ökat personantal inne i byggnaden. Ställs det i paritet med ett sänkt personantal av 100 personer påvisas enkelt vilket av faktorerna som påverkar i störst utsträckning. Ökas dörrbredden ytterligare med 0,5 meter på vardera utgång söderut tillsammans med ökad bredd mellan baren och entrérummet kommer utrymningen att ske mycket smidigare och snabbare. Ökad dörrbredd kontra ett mindre antal tillåtna människor måste givetvis ställas mot varandra i en kostnadskalkyl. Det måste även tas i beräkning att byggnaden är kulturmärkt, vilket leder till att ombyggnation inte kan ske lika lätt.

Det kan därmed konstateras att ett lämpligt detektionssystem och bredare utrymningsvägar skulle minska den totala utrymningstiden mycket mer än ett sänkt personantal. Om dörrarnas bredd ökas rejält tillsammans med ett sprinklersystem kan det till och med leda till att man kan tillåta ett högre antal människor i byggnaden. Utförs dessa åtgärder bör en ny personsäkerhetsanalys göras med de nya ingångsvärderna innan ett ökat antal personer kan tillåtas.

#### **14.4 Brand i stora salen**

Resultaten från beräkningar och simuleringar visar att det efter cirka tre minuter uppstår kritiska förhållanden i den stora salen. Då stora salen är så pass lång kommer förhållanden att vara värre närmast branden. Vid denna tidpunkt finns fortfarande en del personer kvar i lokalen om utrymningen inte påbörjas samtidigt. Efter ytterligare en halv minut, det vill säga vid tre och en halv minut, kommer det även att börja uppstå kritiska förhållanden i baren. I detta skede har utrymningen initierats men alla personer har inte utrymt från baren förrän efter cirka 5 minuter.

Brandens maximala effekt kan vara för lågt ansatt då branden förmodans fortsätta att tillväxa under en längre tid än den antagna. Detta motiveras av en väldigt god tillgång på bränsle och syre, vilket leder till högre effekt än 2,3 MW. Givetvis resulterar en högre effekt till ytterligare försämrade förhållanden vid utrymning. En lägre effekt kommer enligt känslighetsanalysen att leda till en längre varseblivningstid, eftersom det är de kritiska förhållandena samt varseblivningen via andra individer som uppmärksammar en person om branden.

Vid scenariot med en brand i elskåpet saknas, precis som i övriga scenarier, en tillfredställande detektion och varseblivning. I det fall då strömmen bryts kommer dock gästerna att lägga märke till att någonting är fel. Om discjockeyn då meddelar gästerna om faran kan detta jämföras med ett talat utrymningslarm. Ett detektionssystem med ett talat meddelande hade i fallet då strömmen inte bryts gett en mycket kortare varseblivningstid. Eftersom denna tid är relativt lång i detta fall, även för de som befinner sig närmast branden, skulle detta resultera i att ett stort antal personer, i stora salen men också baren, inte blir utsatta för kritiska förhållanden.

Den sena detekteringen resulterar i att de nordliga utrymningsvägarna snabbt blir obrukbara. I stort sett alla gäster måste därmed utrymma genom de sydliga



nödutgångarna. Simuleringar i Simulex visar att stora köbildningar uppstår vid dörröppningen mellan baren och garderoben samt den mellan baren och entrérummet. Dessa köbildningar leder till att personer fortfarande befinner sig i baren då kritiska förhållanden uppstår. För att undvika uppkomsten av proppbildning krävs en större bredd i de dörrar där köbildningarna sker eller möjligtvis att personal vägleder gäster ut i säkerhet genom de utrymningsvägar som finns i köket och trapphuset. I dagsläget saknas dock en uppgiftsfördelning där individer ur personalen tilldelats sådana uppgifter.

Känslighetsanalysen påvisar att precis som i scenariot med en brand i garderoben så resulterar ett sänkt eller höjt personantal med 100 personer till en minskad respektive ökad utrymningstid med cirka 40 sekunder. Enligt samma resonemang som i garderoben konstateras det att ett lämpligt detektionssystem och bredare utrymningsvägar ger snabbare utrymning än ett sänkt personantal.

### **14.5 Brand i källare**

Resultaten från beräkningar och simuleringar visar att det vid en eventuell brand i källaren inte föreligger något egentligt hot mot personsäkerheten eftersom det i normalfallet inte vistas några människor i lokalen. Däremot kommer varma brandgaser med sticklågor att slå upp genom trappan vilka kan åstadkomma personskador, exempelvis rökskador.

I känslighetsanalysen konstateras att en större effektutveckling eller högre tillväxthastighet inte skulle påverka resultaten i källarbrandsscenarioet nämnvärt. Detta eftersom branden ändå blir ventilationskontrollerad, och inte kommer att nå övertändning. En mindre effektutveckling skulle kunna leda till att branden detekteras senare eftersom rök- och värmeutvecklingen då blir mindre. Således minskar chansen att personalen uppmärksammar branden eller att branden helt enkelt brinner ut utan några större konsekvenser.

Om branddetektorer sätts upp i källaren hade en eventuell brand kunnat uppmärksammas och bekämpas på ett tidigt stadium vilket hade kunnat hindra brandgasernas möjlighet att sprida sig till övriga delar av byggnaden. Ytterligare en åtgärd är att städa upp i källaren för att minska tillgången på bränsle till källarbranden.

En mycket allvarlig brist är att källardörren är markerad med en skylt som varnar för gasflaskor trots att det inte finns några gasflaskor i källaren, se bild 14.1 nedan. Detta vilseleder räddningstjänsten vid en eventuell släck- eller räddningsinsats.



Bild 14.1. Källardörren med dess varning för gasflaskor. Foto: Jakob Dahlqvist 2006

### **14.6 Brand på ovanvåningen i den östra flygeln**

En brand i denna del av byggnaden kommer vid en tidig detektering inte äventyra utrymningen på bottenvåningen. Om det vid brandens utbrott befinner sig människor på ovanvåningen, kommer dessa troligen tidigt att upptäcka branden, varsko andra och i bästa fall påbörja släckning med de handbrandsläckare som finns utplacerade.

Om branden inte detekteras tidigt föreligger risk för övertändning. Branden kan då sprida sig ut genom fönstren och äventyra utrymningen via huvudentrén på grund av den höga strålningsintensiteten från flammorna. Även riskerna med nedfallande tak och trädelar med mera kan försvåra utrymningen ytterligare. För att undvika att brandförloppet går så långt innan varseblivning sker bör ett lämpligt detektionssystem kopplat till centralapparaten i köket installeras. Ett talat meddelande som informerar personer på bottenvåningen om utrymning skulle ytterligare minska den totala utrymningstiden.

### **14.7 Brand på ovanvåningen i den västra flygeln**

Precis som en brand i östra flygeln finns risker i ett långt brandförlopp. Branden kan då sprida sig ut genom fönstren och antända markiserna vilket kan skapa stora problem för utrymningen med en ohälsosam miljö med giftiga gaser.

För att undvika en utrymning med en brand både inomhus och utomhus bör, precis som i scenariot med brand i den östra flygeln, ett lämpligt detektionssystem med talat meddelande installeras. Dessutom skulle en flamskyddsbehandling av markiserna antagligen resultera i en fördröjd antändning av markiserna och därigenom underlätta för utrymningen.

### **14.8 Brand i köket**

En eventuell brand i köket kommer antagligen inte att allvarligt hota personsäkerheten eftersom det finns gott om utrymningsvägar och relativt god tillgång till släckutrustning. Då köket i stort består av obrännbara material och används i störst omfattning när det inte är nattklubsverksamhet minskar riskerna ytterligare.

Malmö brandkår har i ett liknande fall med ett storkök, som varken var sprinklat eller en egen brandcell, krävt att minst en av dessa åtgärder skall införas. En överklagan från

objektets ägare har prövats av länsstyrelsen i Malmö där de genom beslut, daterat 2001-01-12 med dnr 72-25313/00, valt att inte ändra det överklagade föreläggandet (Malmö Brandkår, 2006-11-20). Detta då länsstyrelsen anser att det ur ekonomiskt och säkerhetsmässig synpunkt är skäligt att kräva antingen ett automatiskt släcksystem eller brandcellsavskiljande konstruktion. Denna överklagan prövades enligt den gamla räddningstjänstlagen och har inte testats enligt den nya Lagen om Skydd mot Olyckor. Skulle den prövas enligt den nya lagen kan det antas att utfallet blir liknande.

För att ytterligare förbättra säkerheten i köket och även följa ovan nämnda prejudikat bör köket antingen vara utformat som en egen brandcell eller vara försett med sprinkler. Särskilt fritösen bör förses med punktsprinkler eftersom den i händelse av brand kommer ge ett snabbt brandförlopp med häftig effektutveckling.

### **14.9 Brand på uteserveringen**

För de personer som befinner sig på uteserveringen vid en eventuell brand skulle säkerheten kunna äventyras. Det snabba brandförloppet i kombination med det stora individantalet och en enda egentlig utrymningsväg skulle kunna orsaka personskador vid en eventuell uppkommen köbildning vid huvudentrén. Främst är det då brännskador från brandens strålning som finns i åtanke men det finns även risk för rökskador.

För att förbättra personsäkerheten på uteserveringen bör gasolvärmarna placeras längre ifrån markiserna. De infraröda värmeelementen bör även de monteras så att de inte befinner sig så nära markiserna. Detta är enkla och effektiva åtgärder. Utöver dessa kan markiserna flamskyddsbehandlas så att en antändning försvåras. Utförs denna åtgärd minimeras brandrisken då även risken för antändning från andra tändkällor som till exempel cigarettfimpar minskas.

Den grind som är placerad bakom den västliga baren på uteserveringen och som i dagsläget är låst skulle kunna förses med en typ av låsanordning som kan öppnas utan nyckel från insidan. Denna grind skulle vid en utrymning från uteserveringen sänka utrymningstiden avsevärt, förutsatt att den markeras korrekt och är synlig, eftersom den totala bredden på utrymningsvägarna då nästan fördubblas. Då en brand i markiserna skulle resultera i ett hastigt brandförlopp är en snabb utrymning väldigt relevant för personsäkerheten. En vägledande markering som visar var denna grind finns bör då upprättas.

### **14.10 Brand i förråd**

En brand i detta utrymme skulle troligtvis inte hota personsäkerheten om den detekteras på ett tidigt stadium. Faran är om branden får pågå ostört under en tid innan den upptäcks. Vid en eventuell utrymning kan det antas att utrymningsvägarna i den norra delen inte kan användas om branden får pågå en längre tid. Ett scenario liknande detta skulle ur utrymningssynpunkt kunna jämföras med utrymning vid en brand i elskåpet i stora salen, se kapitel 10. Problem kommer att uppstå då endast utrymning genom de

sydliga utrymningsvägarna kan ske. Dessa är i nuläget för smala för att kunna utrymma ett högt personantal på ett effektivt sätt.

Problematiken med en brand i detta utrymme skulle kunna avhjälpas med lämpliga detektorer som upptäcker en brand i ett tidigt skede. Detta skulle leda till att utrymning kan påbörjas tidigare och innan kritiska förhållanden uppstår inne i angränsande lokaler.

En brand i detta utrymme kan till stor del liknas med branden i Makedoniska föreningen 1998.

### **14.11 Slutsatser**

Det primära syftet med denna rapport är att undersöka om personsäkerheten på Birger Jarl kan garanteras vid eventuell brand. Genom beräkningar, simuleringar och diskussion av olika brandscenarion har slutsatsen blivit att personsäkerheten **inte** kan garanteras.

De huvudsakliga bristerna i brandskyddet som finns är den sena upptäckten av brand samt de relativt smala utrymningsvägarna. Ett tillfredställande detektionssystem som resulterar i att musiken stängs av och ljuset tänds i lokalen tillsammans med ett talat meddelande som hörs i alla delar av lokalen, skulle minska tiden till utrymning betydligt. Detta, i kombination med en ökad bredd på i diskussion nämnda dörrar, skulle resultera i att den totala utrymningstiden sänks avsevärt. Dessa två faktorer har visat sig vara de mest betydelsefulla för personsäkerheten och därmed för en snabbare och säkrare utrymning. För att ytterligare förlänga tiden till det att kritiska förhållanden uppstår skall alla publika utrymnen förses med sprinkler.

Skulle personantalet minskas drastiskt ändras givetvis förutsättningarna. Vid till exempel en halvering av personantalet kommer så klart utrymningen att gå snabbare. Det är dock inte särskilt troligt att en så pass omfattande minskning av antalet besökare skulle ske. Det är i så fall föga troligt att verksamheten kommer att kunna fortsätta på grund av de ekonomiska förlusterna en sådan nedskärning av verksamheten skulle utgöra.

Då det inte kontrolleras hur många personer som befinner sig inomhus respektive på uteserveringen skulle antalet personer kunna överstiga det tillåtna antalet av 350 personer. Detta gynnar inte utrymningssituationen och kan tolkas som ett lagbrott vilket måste ses som en allvarlig brist, särskilt då personsäkerheten inte kan garanteras redan vid 350 personer, BBR 5:371.

Vidare kan det förutsättas att räddningstjänsten inte kommer att bli larmade via det detektionssystem som finns installerat. I de flesta scenarierna är det sannolikt att branden inte detekteras utan att räddningstjänsten måste larmas genom att någon ringer till SOS Alarm. Det finns även en risk med att personalen känner en falsk trygghet genom det installerade detektionssystemet. Risken finns att de litar på att detektionssystemet ska larma räddningstjänsten och därigenom inte ringer in larmet själva.

Personalrutinerna är en viktig del av det totala brandskyddet på Birger Jarl. Det kan vara svårt att upprätthålla dessa rutiner då personalomsättningen antas vara hög. Det är dock viktigt att den stationära personalen har klara rutiner om vad som förväntas av dem i händelse av brand.



## 15. Förslag till åtgärder

Följande kapitel presenterar åtgärder som *bör* eller *skall* genomföras för att höja personsäkerheten i Birger Jarl. *Skall* kraven är sådana krav som är direkt avgörande för att verksamheten ska kunna fortgå i sin nuvarande form. *Bör* kraven är inte avgörande men höjer säkerheten över minimum. Dessa krav har även validerats för att undersöka i vilken utsträckning de inverkar på utrymningen.

### 15.1 Skall krav

- Den sydöstra entrén *skall* öppnas helt samt breddas för att underlätta utrymning. Utförs inte denna åtgärd *skall* antalet tillåtna människor i byggnaden minskas för att på så sätt förbättra personsäkerheten i byggnaden.
- Dörren mellan baren och entrérummet samt mellan baren och garderoben *skall* breddas för att undvika proppbildning vid utrymning.
- DJ bålet i stora salen *skall* flyttas för att underlätta utrymning ut ur stora salen.
- Detektionssystemet *skall* byggas ut för att i ett tidigt skede upptäcka en eventuell brand samt eliminera de fel som den mänskliga faktorn eventuellt kan stå för. Det *skall* placeras lämpliga detektorer i de delar av byggnaden där brand kan uppstå och dessa *skall* kopplas till centralapparaten. Även larmdon *skall* placeras runt om i byggnaden för att varsko besökarna om uppkomst av brand. Musiken och belysningen *skall* kopplas till centralapparaten för att säkerställa att musiken stängs av och belysningen tänds.
- Ett sprinklersystem *skall* installeras i samtliga publika delar av byggnaden för att begränsa eller släcka branden samt öka tiden till kritiska förhållanden.
- System för att kontrollera antalet människor i byggnaden respektive uteserveringen *skall* upprättas för att säkerställa att det inte vistas fler besökare i lokalerna än vad som är tillåtet.
- Släckredskapen *skall* rensas från material som täcker dem och gör dem svåra att hitta för att underlätta en eventuell släckinsats.
- Vägledande markeringar *skall* ses över, placeras rätt och kompletteras för att underlätta utrymning.
- Gasolskåpet på västra sidan av byggnaden *skall* förses med hänglås. Detta för att förhindra obehöriga från att få möjlighet att sabotera, eller på annat sätt påverka gasolanläggningen, på ett sätt som skulle kunna påverka personsäkerheten negativt.

## 15.2 Bör krav

- Köket *bör* utformas som en egen brandcell eller så *bör* en sprinkleranläggning installeras för att förbättra personsäkerheten i byggnaden. I det fall det byggs som en egen brandcell *skall* kontrollberäkningar av ventilationssystemet utföras för att säkerställa att det är rätt utformat.
- Den sydvästra entrén *bör* breddas för att underlätta utrymning.
- Den felaktiga markeringen för gasflaskorna i källaren *bör* tas bort om inga gasflaskor förvaras där för att underlätta för räddningstjänsten vid en eventuell insats.
- En till utrymningsväg från uteserveringen *bör* upprättas för att möjliggöra utrymning söderut.
- Fönstren i toaletterna *bör* göras öppningsbara så att utrymning kan ske från toaletterna i det fall utrymning via garderoben inte är möjlig.
- Lokalen *bör* förses med skyltar om maximalt tillåtet antal människor för att uppmärksamma vakter och besökare om tillåtet antal personer i lokalen. Dessa *bör* placeras väl synligt i lokalen och vid respektive entré för att lätt uppmärksammas.
- En klar personalfördelning vid utrymning *bör* upprättas för att underlätta utrymningen. Denna *bör* utformas i enkla steg så att samtliga i personalen vet vad de förväntas göra.
- Personalen *bör* årligen genomföra utbildning och övning i hantering av brandsläckare och utrymningssituationer. I det fall personal nyanställs *bör* även dessa genomgå utbildning tidigt i sin anställning.



### 15.3 Validering av åtgärdsförslag

De olika åtgärdsförslagen påverkar utrymningen i olika stor utsträckning. Nedan följer en validering av åtgärderna för att klargöra hur mycket de påverkar.

#### 15.3.1 Bredare utrymningsvägar

För att utvärdera i vilken utsträckning bredare utrymningsvägar i Birger Jarls södra delar resulterar i en snabbare och säkrare utrymning har nya simuleringar i Simulex utförts. De öppningar som gjordes bredare i simuleringarna listas i tabell 15.1.

<i>Öppning</i>	<i>Nuvarande bredd (m)</i>	<i>Ny bredd (m)</i>
Sydöstra nödutgången	0,75	1,8
Baren och Entrérum	1,2	2,2
Baren och Garderoben	1,2	2,2

Tabell 15.1. Nuvarande och nya mått på dörrbredden i de simuleringar som utförts för att värdera åtgärdsförslaget.

Dessa öppningar valdes av två anledningar. Dels för att det i tidigare utrymningssimuleringarna har visat att det är här som stora köbildningar uppstår. De har även valts för att dessa öppningar är rent konstruktionsmässigt enklast att bredda. Anledningen till att den sydvästra nödutgången inte breddas är att innerväggen i detta fall måste flyttas.

De nya måtten på dörrbredden simulerades i scenariot där strömmen inte slås ut i stora salen, se kapitel 10 och 13. Detta då antalet personer som använder dessa öppningar är som störst och således borde en större bredd ge den största skillnaden i utrymningstid. Simuleringarna utfördes med tre olika antal gäster för att värderingen skall bli mer utförlig. Personernas varseblivnings-, reaktions- och beslutstid är densamma som i tidigare simuleringar.

Resultatet av den totala utrymningstiden från simuleringarna återges i tabellen nedan.

<i>Antal gäster</i>	<i>Nuvarande ungefärlig utrymningstid (min)</i>	<i>Ny ungefärlig utrymningstid (min)</i>
250	9	6,5
350	9,5	7
450	10	9

Tabell 15.2. Total utrymningstid med olika dörrbredder och personantal.

Resultatet av simuleringarna visar att en utökad dörrbredd i de nämnda öppningarna ger en markant kortare utrymningstid. Om dessutom övriga utrymningsvägarna än de som behandlats i simuleringarna breddas erhålls en ytterligare sänkning av den totala utrymningstiden. Att öka bredden på öppningarna mellan baren och entréhallen samt baren och garderoben resulterar även i att personerna utrymmer snabbare från baren till intilliggande rum. Därmed undgår de i betydligt större utsträckning de kritiska förhållanden som uppstår baren vid både brand i garderoben och i stora salen. Vid

scenariot med brand i stora salen ger simuleringarna i CFAST att kritiska förhållanden råder i baren efter ungefär 3,5 minuter.

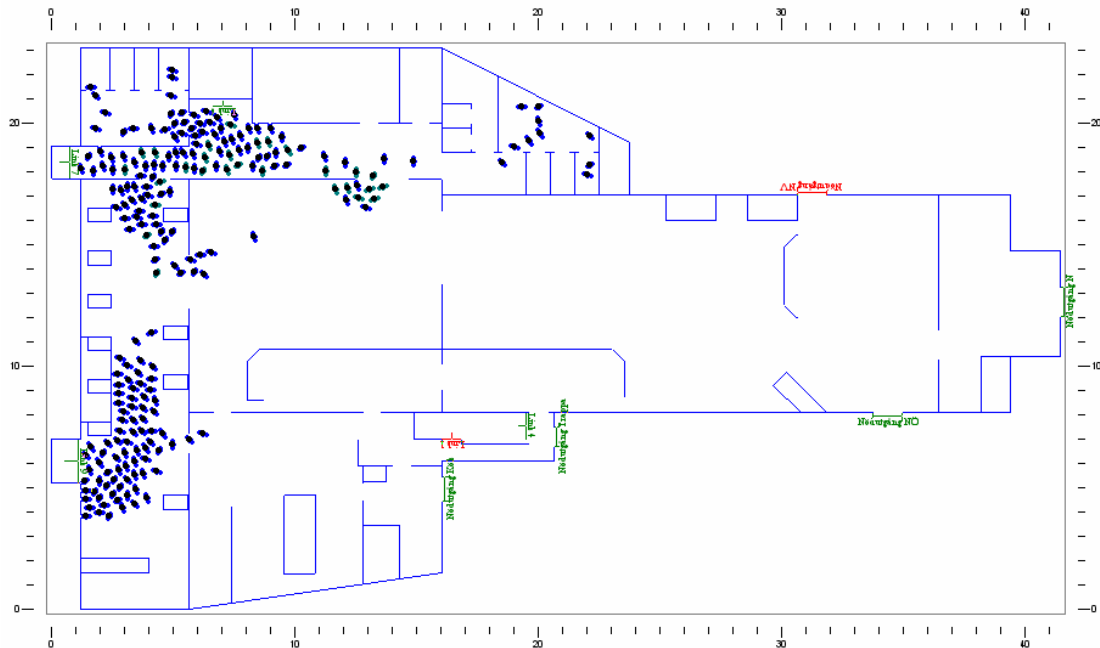


Bild 15.1. Cirka 4 minuter in i simuleringen av brand i elskåp utan att elen slås ut med de nya måtten på dörrbredden.

Bild 15.1 skall jämföras med bild 10.3, där det tydligt visas att ett hundratal personer fortfarande befinner sig i baren när kritiska förhållanden råder. Med den nya bredden på öppningarna är endast ett fåtal personer kvar vid 4 minuter.

Slutsatsen är att ökade bredder på öppningarna i de sydliga delarna av byggnaden resulterar i att personsäkerheten vid utrymning blir betydligt säkrare.

### 15.3.2 Omplacering av dj-båset

För att värdera hur *skall*-kravet om en omplacering av dj-båset förändrar utrymningssituationen på Birger Jarl har nya simuleringar i Simulex utförts. Dj-båset är i dagsläget placerat i mitten av stora salen nära sofforna vid den nordvästra nödutgången, se bild 10.1. Tidigare simuleringar har tydligt visat hur köbildningar har skapats här på grund av den smala passagen, se kapitel 9. En omplacering av dj-båset längre bak mot scenen har i Simulex resulterat i de utrymningstider som redovisas i tabell 15.3 nedan.

Det scenario som har simulerats är en brand i garderoben med stor dörröppning i sydöstra entrén och utan uteservering. Detta då den berörda utrymningssvågen används av störst antal personer i detta scenario. Simuleringen har gjorts med olika antal gäster för en utförligare utvärdering. Personernas varseblivnings-, reaktions- och beslutstid är densamma som i tidigare simuleringar.

<i>Antal gäster</i>	<i>Nuvarande ungefärlig utrymningstid (min)</i>	<i>Ny ungefärlig utrymningstid (min)</i>
250	4	3,5
350	4,5	4
450	5	4,5

Tabell 15.3. Total utrymningstid ut ur byggnaden med olika placeringar av dj-båset och ett varierat personantal.

Resultatet av simuleringarna visar att en omplacering av dj-båset ger en skillnad i den totala utrymningstiden ut ur byggnaden på cirka en halv minut. Den totala utrymningstiden varierar självklart med scenario och antalet personer som använder den nordvästra nödutgången. Då en omplacering av dj-båset är en enkel åtgärd att utföra skall den genomföras och resulterar i en högre personsäkerhet vid utrymning av Birger Jarl.

### 15.3.3 Detektion och larmsystem

Vid värdering av hur mycket ett utbyggt detektionssystem kommer att sänka utrymnings-tiderna har resonemang förts om tid till kritiska förhållanden uppstår snabbare än detektorn aktiverar. I de publika utrymnena där personer vistas kommer detektorer kopplat till ett utrymningslarm att kunna varsebli de personer som inte befinner sig i direkt anslutning till branden snabbare. Detta leder till att utrymning kommer att påbörjas tidigare för personer som inte ser branden.

Den stora vinningen i ett utbyggt detektionssystem är tidig detektering i de icke publika lokalerna som till exempel ovanvåningen, källaren och förrådet. Här kommer en tidig detektering av brand kunna öka personsäkerheten avsevärt. Detta för att utrymningen kan påbörjas innan kritiska förhållanden uppstår i de publika lokalerna. Resonemangen som förs kring ett utbyggt detektionssystem baseras på att personer som hör larmet uppmärksamma det och följer dess instruktioner.

Detektorerna skall vara kopplade till centralapparaten, varpå ett effektivt utrymningslarm varseblir gästerna om faran. Utrymningslarmet skall förslagsvis bestå av ett talat meddelande i kombination med ljussignaler för att ge en kortare reaktions- och beslutstid. Det skall även placeras larmdon i samtliga lokaler där gäster och personal vistas. Vid detektion av brand bör musiken stängas av och belysningen tändas i lokalerna automatiskt via centralapparaten för att säkerställa att detta görs. Totalt sett skulle ett lämpligt detektionssystem tillsammans med ett tydligt utrymningslarm minska utrymningstiden avsevärt, se även kapitel 14.1.

Det är önskvärt att larmet går direkt till räddningstjänsten, speciellt under nattklubbsverksamhet på Birger Jarl. Dagtid kan larm till räddningstjänsten ske via larmlagring för att undvika onödiga falsklarm.

### 15.3.4 Sprinkler

För att ytterligare öka personsäkerheten och säkerställa utrymningen skall sprinkler installeras i alla publika delar av byggnaden. Detta för att ge personer i byggnaden mer

tid att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår samt för att sänka tillväxthastigheten och spridningen på branden, se även kapitel 14.2.

För att värdera i vilken utsträckning sprinklern ökar säkerheten har sprinkleraktivering simulerats i garderobsscenarioet då detta scenario anses som ett av de värsta möjliga i byggnaden. Simulering i CFAST visar att sprinklern kommer att aktiveras ungefär samtidigt som det att kritiska förhållanden inträffar i garderoben. I detta utrymme kan personsäkerheten inte garanteras i ett initialskede, särskilt inte då tillväxthastigheten på branden ökades. Sprinklern kommer dock att begränsa branden och förhindra spridning till intilliggande rack samt väggar och tak. Det intressanta är att värdera om personsäkerheten i övriga utrymmen kan garanteras, framförallt i baren, då tillväxthastigheten är extrem i garderobsbranden och således simulerades även detta.

<i>Utrymme</i>	Tid till kritiska förhållanden med sprinkler i garderoben
<b>Garderoben</b>	40 sek
<b>Baren</b>	3 min

Tabell 15.4. Tid till kritiska förhållanden vid sprinkler aktivering i garderoben.

Som tabell 15.4 visar kommer kritiska förhållanden i baren inträffa efter 3 minuter istället för 1,5 minuter som i det osprinklade fallet. I detta fall har en konstant effektutveckling antagits efter det att sprinklern aktiveras, vilket har använts i simuleringarna i CFAST

Som påvisats med sprinkler i garderoben kommer tiden till kritiska förhållanden öka om sprinkleraktivering sker. En brand i garderoben kan anses som ett av de värsta brandscenarierna som kan inträffa på Birger Jarl ur en realistisk synvinkel. Simuleringarna ovan visar att sprinklern framförallt ökar möjligheterna till utrymning i angränsande utrymmen men även begränsar branden och dess spridning. Med detta resonemang skall alla publika utrymmen i byggnaden förses med sprinkler, se även 14.2.

Det bör påpekas att kritiska förhållanden, enligt definitionen i BBR, kan uppstå när personer fortfarande befinner sig i lokalen även om man totalsprinklar alla publika utrymmen. Dock är det är sällsynt att sprinkler förhindrar kritiska förhållanden. Däremot förhindrar sprinkler att skadliga och framförallt dödliga förhållanden uppstår. Utifrån detta resonemang kan inte personsäkerheten garanteras på Birger Jarl men sannolikheten för att personer skadas allvarligt minskar betydligt med en sprinkleranläggning.

Vid installation av sprinklern rekommenderas det att hyllorna ovanpå klädracken i garderoben monteras bort för att inte hindra vattnet från sprinklern att nå branden.

### 15.3.5 Sammanvägd utvärdering av åtgärdsförslagen

Ovan har åtgärdsförslagen värderats var för sig och samtliga påverkar utrymningen olika mycket. Detektionssystem måste byggas ut och kompletteras under alla omständigheter för att inte ge en brand möjlighet att utvecklas oupptäckt. Simuleringarna visar att sprinklersystemet och breddade utrymningsvägar var för sig inte kan garantera personsäkerheten. Båda dessa åtgärder måste tillsammans uppföras för att kunna höja personsäkerheten till en acceptabel i händelse av brand.

Det är dock inte säkerställt att dessa tre åtgärder tillsammans kan garantera säkerheten i Birger Jarl vid en brand i garderoben. Det påvisas ändå att personsäkerheten höjs markant då inte kritiska förhållanden uppstår lika snabbt i byggnaden under utrymning.

Därför skall samtliga åtgärder genomföras för att ge en tillfredsställande nivå på personsäkerheten vid utrymning.



## 16. Referenser

### Publicerade källor

Abrahamsson, M. (1997) Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler, Rapport 5007, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Brandteknik LTH (2005) Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Boverket (2006) Utrymningsdimensionering, Boverket, Karlskrona.

BBR (2002) Boverkets Byggregler, Boverket, Karlskrona.

Drysdale, D. (1998) An Introduction to Fire Dynamics 2nd edition, John Wiley & Sons, Chichester.

Frantzych, H. (2001) Tid för utrymning vid brand, Räddningsverket, Karlstad.

Johansson, B. (2004) Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå, Rapport 5135, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Karlsson, B. Quintiere, J. G. (2000) Enclose Fire Dynamics, CRC Press, Boca Raton

SFPE (1995) Handbook of Fire Protection Engineering 2nd edition, National Fire Protection Association, USA

SFS 1988:1145, Lagen om brandfarliga och explosiva varor

Sime, J. (1980) The Concept of Panic. Fires and human behaviour. Ed D Carter, J Wiley & Sons, Chichester

Statens Haverikommission (2001) Brand på Herkulesgatan i Göteborg, Ö län, den 29-30 oktober 1998, Rapport RO 2001:02, Paragon Svenska AB, Västervik

Särdqvist, S. (1993) Initial Fires. RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests, Report 3070, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Uppsala Brandförsvär (2005) Tillsynsprotokoll (2005-11-17,) Ärende ID: 11637, Uppsala Brandförsvär

Wood, P, G. (1972) The behaviour of people in fires. Fire research Note No 953. Fire Research Station.

Wretin, K. (1980) Slottskällan i Uppsala rivnings- eller bevarandeobjekt?, Stockholms universitet: Stockholm

### **Icke publicerade källor**

Gojkovic, D. (2006-09-20) Föreläsningsmaterial, tvåzonsmodellering CFAST, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Husted, B. (2006-09-26) Föreläsningsmaterial, tvåzonsmodellering ARGOS, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

### **Muntliga**

Frantzich, H. (2006), Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Jensen, L. (2006), Avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Lindh, J. (2006), Verksamhetsansvarig Birger Jarl, Uppsala

Ögren, V. (2006), Brandingenjör, Uppsala Brandförsvär, Uppsala

### **Internet**

NIST (2006) [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

Malmö Brandkår (2006) <http://www.malmo.se>, med sökord: ”skäligt brandskydd räddningstjänstlagen prejudikat”, dokument namn 2-01.pdf

Räddningsverket (2006) [http://www.srv.se/templates/SRV\\_Page\\_\\_\\_2267.aspx](http://www.srv.se/templates/SRV_Page___2267.aspx)

SP (2006) SP Fire Data Base, <http://www.sp.se/fire/fdb/frmLogon.aspx>

U.S. Fire Administration's (2006) <http://www.usfa.dhs.gov/downloads/pdf/tfrs/v3i7.pdf>



## Bilaga 1 - Rumsgeometrier

Vid objektsbesöket mättes alla rum och deras takhöjd för att kontrollera de erhållna ritningarna, se tabell B1 nedan.

<i>Lokal</i>	<i>Längd (X)</i>	<i>Bredd (Y)</i>	<i>Takhöjd</i>
Entrérum	4	18	4
Entréhall	4	1,5	4
Dam WC	4	3,5	3
Garderob	11	5	2,9
Herr och Dam WC	7	3	2,4
Baren	11	9	4,3
Kök	11	4	3
Trapprum	4	2	3
Stora salen	20	9	4,3
Förrådet	4	9	4
Källare	11	4	2

Tabell B1. Tabell över rumsmått i bottenvåningen på Birger Jarl.

Vid simuleringarna i CFAST har ovanstående geometrier skrivits in i programmet och modellerats upp. Samma mått har använts vid simuleringarna i Argos.

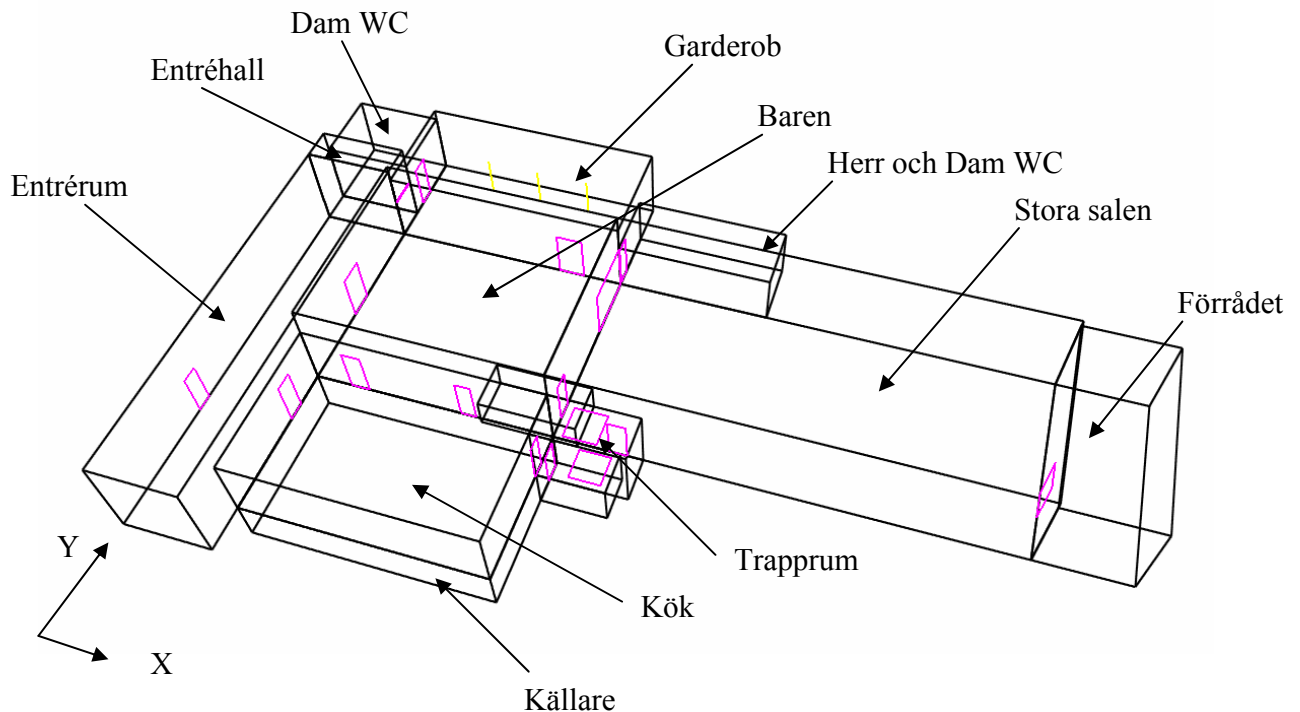


Bild B1. Bild på rumsupbyggnaden i CFAST.



## Bilaga 2 - Garderobsbrand

Effektutvecklingen i garderoben bygger till viss del på de försök som Björn Johansson gjorde ute på Räddningsverkets skola i Revinge 2003 (Johansson, 2004). Det som var mest intressant var de massavbrinningsvärden som försöket gav. Att dessa värden har valts beror mest på att rumsgeometrin i den försökscontainer som användes stämmer relativt bra med geometrin i garderoben på Birger Jarl. Det som skiljer i geometrin är att takhöjden i containern är 0,5 meter lägre än i garderoben samt att en av långväggarna är till hälften öppen, då den fungerar som disk

### Bilaga 2.1 - Effektutveckling rack 1

I Johanssons rapport toppar massavbrinningen vid 0,2 kg/s, det är även där som effektutvecklingen är som högst. Försöket innefattade 105 jackor. Den dimensionerade branden i denna rapport utgår från att cirka 50 jackor deltar i branden i det första racket innan den sprider sig vidare till nästa rack. Därför används en massavbrinning som toppar vid 0,1 kg/s, då det är hälften så mycket massa som finns tillgängligt och därav blir den maximala massavbrinningen ungefär hälften så stor. Botten arean av bränsleytan antas vara samma i containerförsöket och den dimensionerade branden.

Försök för att få fram förbränningsvärmets,  $\Delta H_c$ , gjordes även i Johanssons rapport men dessa försök misslyckades dock och känns inte lika trovärdiga då mängden vätska i kläderna efter släckning inte redovisades på ett tillfredställande sätt. Av denna anledning har andra värden för olika textilier använts (Abrahamssons, 1997). Utifrån dessa värden har ett medelvärde räknats fram som sedan används som  $\Delta H_c$ -värde i beräkningarna, se tabell B 1 nedan. Det har även här antagits att lika mycket material av de fem nedan redovisade textilierna deltar i branden.

<i>Material</i>	<i><math>\Delta H_c</math> (MJ/kg)</i>
Bomull	15-20
Ylle	20-27
Nylon	30-32
Polyester	22-30

Tabell B 2. Förbränningsvärmen för olika material (Abrahamsson, 1997)

Medelvärdet för  $\Delta H_c$  blir cirka 25 MJ/kg.

Den maximala effektutvecklingen för det första racket i garderoben bestäms med hjälp av:

$$\dot{Q} = m \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$$\dot{Q} = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 25 = 1,75 \text{ MW}$$

$\dot{Q}$  = Effektutvecklingen (kW)

$m$  = Massavbrinningen (kg/s)

$\chi$  = Förbränningseffektiviteten (sätt oftast till 0,7)

$\Delta H_c$  = Heat of combustion (kJ/kg)

### **Bilaga 2.2 - $\alpha$ -värdet**

Vid försöken ute i Revinge eldade Björn Johansson upp 105 jackor i en container med måtten 2,0×7,0×2,4 m (b×l×h). Vid försöket mättes massavbrinningen genom att ställa det klädrack som brann på en våg inne i containern. Brandens effekt blev 4095 kW efter 1,5 minuter, vilket betyder att brandtillväxten klassas som *ultrafast* och att  $\alpha$ -värdet skulle bli cirka 0,5, se även bild B 1 och B 2 nedan. Gränsen för *ultrafast* ligger vid  $\alpha$ -värdet 0,19. Tillväxthastigheten vid försöket i containern bedöms vara väldigt hög, vilket troligen beror på den återstrålning som sker från väggar och tak i containern samt klädernas placering. Valet av tillväxthastigheten i garderoben sattes som *ultrafast* men med ett  $\alpha$ -värde 0,19. Detta motiveras enligt följande:

- Försöket i containern visar ett värsta brandscenario från verkligheten där jackor och textilier deltar. Att  $\alpha$ -värdet sänks är inte konservativt utifrån ett personsäkerhetsperspektiv. Det visar ändå vilka allvarliga förhållanden som kan uppkomma vid ett eventuellt brandförlopp där tillväxthastigheten är lägre än den som blev vid containerförsöket.
- Den stora delen av den strålning som rack 1 återstrålar i garderoben kommer att ske mot den norra väggen samt klädracket bredvid på grund av klädrackens placering. Detta leder till att återstrålningen inte är lika beroende av långväggen som i containerförsöket, vilket skulle leda till ett högre  $\alpha$ -värde än det som valts.

Branden kommer inte att vara ett värsta scenario utan snarare ett sannolikt scenario. Vidare har det antagits att även de två andra racken tillväxer enligt en *ultrafast*-kurva med ett  $\alpha$ -värde på 0,19. Detta på grund av att garderoben är en relativt liten lokal och att strålningsnivåerna således kommer att vara höga när rack 2 och 3 antänder.



Bild B 2. Foto på försöksuppställningen innan antändning i Johanssons försök. Johansson, 2004



Bild B 3. Foto på försöksuppställningen 1,5 minuter efter antändning. Johansson, 2004

### ***Bilaga 2.3 - Bränslekontrollerad brand***

Dessa beräkningar är baserade på att den sydvästra ingången är öppen samt att det är öppet in till baren och att man kan göra antagandet att luften i baren är jämförbar med obegränsat lufttillflöde. Fönstren längs långväggen kommer att gå sönder när temperaturförändringarna blir för stora samt att fastigheten är relativt otät. Branden kommer troligen att vara bränslekontrollerad, vilket kan beräknas med hjälp av formeln:

$$\dot{Q}_{Max} = \Delta H_{c,syre} \cdot 0,23 \cdot \dot{m}_a = 13,1 \cdot 0,23 \cdot 5,35 = 16 \text{ MW (Brandskyddshandboken, 2005)}$$

$\dot{m}_a$  = luftflöde in i brandrummet (kg/s)

$A_{\delta}$  = Öppningens area (m<sup>2</sup>)

$H_{\delta}$  = Öppningens höjd (m)

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_{\delta} \cdot \sqrt{H_{\delta}} = 5,35 \text{ kg/s}$$

$$A_{\delta} = 8,16 \text{ m}^2$$

$$H_{\delta} = 1,7 \text{ m}$$

$$\Delta H_{c,syre} = 13,1 \text{ kJ/kg}$$

Om  $\dot{Q} > \dot{Q}_{Max}$  så är branden ventilationskontrollerad.

$$\dot{Q} = \text{cirka } 8 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{Max} = 16 \text{ MW}$$

Det skulle behövas en brand som ger effektutvecklingen 16 MW eller mer för att den skulle bli ventilationskontrollerad, det gör inte den dimensionerande branden. Det bör påpekas att denna ekvation är ett förenklat sätt att beräkna den maximala effektutvecklingen som en brand kan utveckla i ett utrymme. Dock fungerar den som en god approximation för beräkning av tvåzonsmodeller (Karlsson & Quintiere, 2000).

### **Bilaga 2.4 - Flamhöjden rack 1**

Takhöjden i garderoben är så pass låg att det är intressant att se hur lång tid det tar för flammorna att nå takhöjd vid brand i det första racket. Då flammorna redan är upplyfta cirka 1 meter, då branden antas börja mitt i rack 1, och höjd från golv till tak i garderoben är 2,9 meter, kommer brandens lägsta punkt att vara 1,9 meter från taket. När flammorna slår i taket gäller inte formeln längre.

$$L_f = 0,235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02 \cdot D \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$$L_f = 0,235 \cdot 1750^{2/5} - 1,02 \cdot 1,13 = 3,5 \text{ m}$$

$L_f$  = Flamhöjden (m)

$\dot{Q}$  = Effektutvecklingen (kW)

$D$  = Brandens bottendiameter (m)

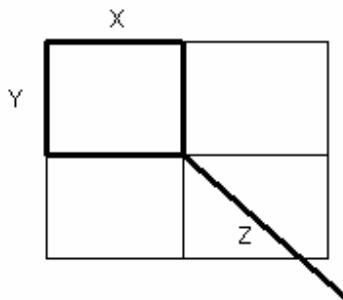
Flammans höjd skulle bli cirka 3,5 m vid fullt utvecklad brand, vilket är omöjligt då takhöjden inte tillåter det. Effekten kommer att vara cirka 600 kW när flammen når taket. Efter det kommer flammen troligen att vika av längs taket och stråla från taknivå.

### Bilaga 2.5 - Strålningsberäkning

Avståndet mellan rack 1 och rack 2 är cirka 1,5 meter, vilket gör att beräkningar för den totala synfaktorn blir:

$$S = \frac{Y}{X} = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

$$\alpha = \frac{X \cdot Y}{Z^2} = \frac{0,5 \cdot 1}{1,5^2} = 0,2$$



S och  $\alpha$  avläses i tabell 2,7 i *An Introduction to Fire Dynamics* (Drysdale, 1998) för framtagning av synfaktorn  $\Phi$ , vilken blir 0,048. Synfaktorn multipliceras sedan med 4 för att få hela flammans area. Den totala synfaktorn blir då 0,192.

Övriga antaganden som görs är att all strålning från flammen i rack 1 träffar en enda punkt i rack 2, detta är inte riktigt sant då all strålning från flammen träffar olika delar av den motsatta ytan, se bild B 3. Vidare antas att all energi från flammen deltar i återstrålningen till rack 2, då rummets geometri är liten och takhöjden är låg.

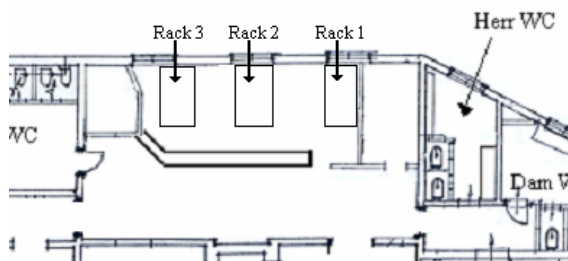


Bild B 4. Skiss av garderobsrackens uppställning.

Flammans area är svår att bedöma då takhöjden är så låg. Det antas att effektutvecklingen är cirka 600 kW i rack 1 precis innan flammen når taket, se bilaga 2.4, då kommer

flammans area att vara cirka 2 m<sup>2</sup>. Med dessa värden kommer strålningen att bli cirka 60 kW/m<sup>2</sup>. För vidare strålningsberäkningar har ekvationen nedan används:

$$q'' = \frac{\dot{Q}}{A_f} \cdot \Phi_T = \frac{600}{2} \cdot 0,192 = 60 \text{ kW/m}^2$$

$q''$  = Strålning (kW/m<sup>2</sup>)

$\dot{Q}$  = Effektutveckling (kW)

$A_f$  = Flammans area (m<sup>2</sup>)

$\Phi_T$  = Den totala synfaktorn (enligt tabell Drysdale, 1998)

Bomull spontanantänder vid strålningsnivå 42 kW/m<sup>2</sup> efter cirka 5 sekunder (Brandskyddshandboken, 2005). Om all energi från flammen deltar i återstrålningen till rack 2 kommer tiden till antändning att bli cirka 50 sekunder, se beräkning nedan.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{600}{0,19}} \approx 50 \text{ sek}$$

Det kommer också att ske en gradvis uppvärmning av materialet i rack 2, vilket skulle kunna leda till att antändning av rack 2 sker snabbare än det beräknade.

### **Bilaga 2.6 - Validering av CFAST och Argos**

För att validera de värden som framkom av CFAST och Argos har även handberäkningar gjorts. Eftersom tillväxthastigheten av branden i garderoben sker snabbt blir temperaturdifferenserna stora på kort tid, vilket gör att de framräknade värdena inte stämmer exakt. Dock visar de att CFAST och Argos fungerar tillfredställande. Beräkningsformeln som har använts för framräkning av temperaturen i brandgaslagret är:

$$\Delta T = 6,85 \left[ \frac{\dot{Q}^2}{A_v \cdot \sqrt{h_v} \cdot h_k \cdot A_T} \right]^{1/3}$$

$\dot{Q}$  = Utvecklad effekt (kW)

$A_v$  = Öppningens area (m<sup>2</sup>)

$h_v$  = Öppningens höjd (m)

$A_T$  = Rummets totala omslutningsyta (m<sup>2</sup>)

$h_k$  = Effektivt värmeövergångstal till omgivande konstruktion, vilket är tidsberoende (kW/m<sup>2</sup> °C)

(Brandskyddshandboken, 2005)



$\dot{Q}$  = Se diagram 9.1

$$A_v = 1,2 \cdot 2,2 + 1,2 \cdot 2,1 + 2,1 \cdot 0,85 + 2,1 \cdot 0,8 + 3 = 11,6 \text{ m}^2$$

$$h_v = \frac{A_1 \cdot h_1 + \dots + A_n \cdot h_n}{A_v} = 2,5 \text{ m}$$

$$A_T = 2(11 \cdot 5 + 11 \cdot 2,9 + 5 \cdot 2,9) - A_v = 194 \text{ m}^2$$

$$h_k = \sqrt{\frac{kc\rho}{t}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{t}} \quad (\text{Värde på } kc\rho \text{ hämtat från Karlsson, Quintiere, 2000})$$

Tid (sek)	<i>Handberäkning</i>			<i>Värden från CFAST</i>
	$\dot{Q}$ (kW)	$h_k$ (kW/m <sup>2</sup> )	T (°C)	T (°C)
50	475	0,02	120	75
80	2150	0,016	310	210
110	4250	0,014	510	460

Tabell B 3. Framräknade brandgastemperaturer i garderoben jämfört med resultat från CFAST.



## Bilaga 3 - Brand i stora salen

### Bilaga 3.1 - Effektutveckling

Den maximala effektutvecklingen bestäms enligt följande:

$$\dot{Q} = \dot{m}' \cdot A \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$\dot{Q}$  = Effektutvecklingen (kW)

$\dot{m}'$  = Massavbrinningen (kg/m<sup>2</sup>s)

A = Brandens area (m<sup>2</sup>)

$\chi$  = Förbränningseffektiviteten

$\Delta H_c$  = Heat of combustion (kJ/kg)

Arealen har antagits till den yta som finns ovanför elskåpet, ungefär 2×2 (b×h) vilket är 4 m<sup>2</sup>. Förbränningseffektiviteten,  $\chi$ , för trä antas till 0,7. Förbränningsvärmens,  $\Delta H_c$ , är enligt många olika källor mellan 15 och 20 MJ/kg och antas här vara 17 MJ/kg (Karlsson & Quintiere, 2000, Drysdale, 1998, SFPE, 1995).

Massavbrinningen är svår att uppskatta och hitta säkra värden för. Varje försöksuppställning är unik och väldigt specifik för varje scenario. Massavbrinningen för horisontellt brinnande trä är i häraden 10-20 g/m<sup>2</sup>s (Drysdale, 1998), medan löst staplat virke har en massavbrinning på 70 g/m<sup>2</sup>s (SFPE, 1995). Detta värde torde korrelera dåligt med en stående vägg då inte förbränningen kan ske på alla sidor.

Fler källor har konsulterats men då redovisningen av försöksuppställningen varit bristfällig har dessa värden inte kunnat valideras. Det finns en rad värden i Statens provnings- och forskningsinstituts databas för massavbrinningen för textilier och tapeter på olika typer av väggmaterial, däribland trä, där försöksuppställningen inte är redovisad. Dessa visar en massavbrinning som varierar över tiden, vilket det även gör i verkligheten på grund av den varierande återstrålningen från flammen. Massavbrinningen från SP varierar mellan något gram per sekund och kvadratmeter till en bit ovanför hundra gram per sekund och kvadratmeter (Särdqvist, 1993 & SP, 2006).

För att kunna räkna ut en maximal effektutveckling som väggstycket kan avge har ett värde på massavbrinningen antagits till 50 g/m<sup>2</sup>s. Detta ger en maximal effektutveckling på cirka 2300 kW.

Enligt *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler* (Abrahamsson, 1997) kan man anta att en brand i träpanel och väggar antar en *fast*-kurva i diskotek. Detta anses som rimligt och via en  $\alpha^2$ -kurva ritas den dimensionerande branden upp, se diagram B 1.

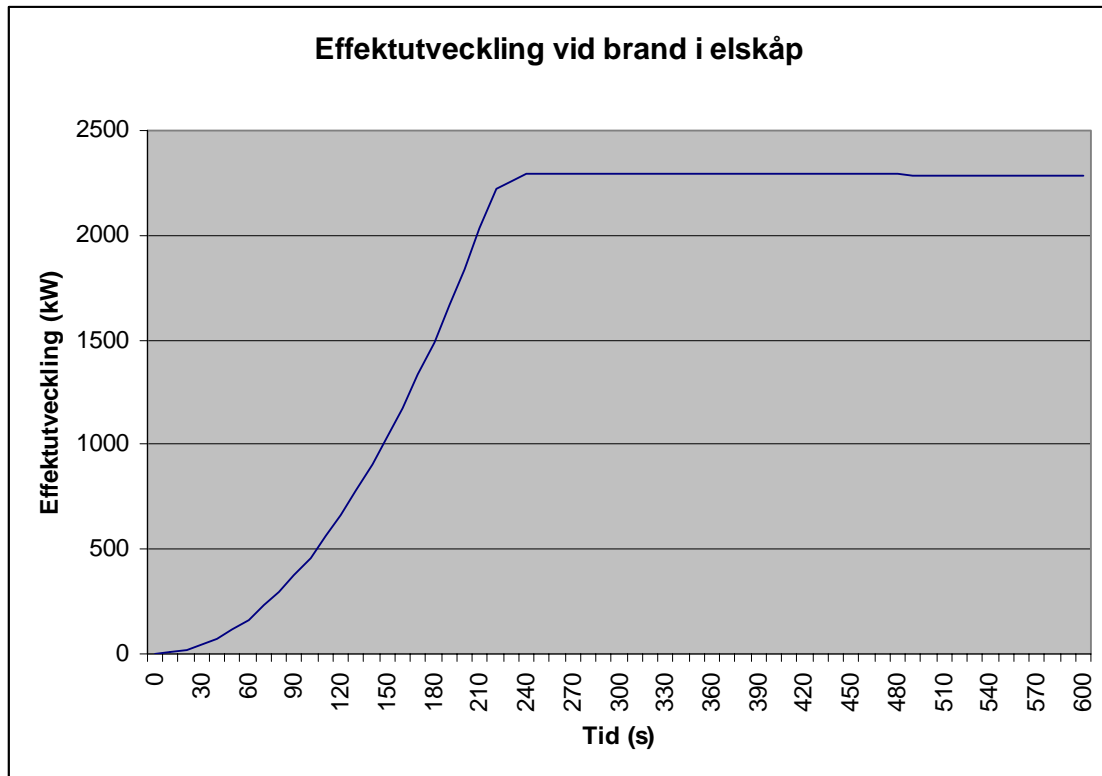


Diagram B 1. Dimensionerande brand för brand i elskåp.

### Bilaga 3.2 - Validering av CFAST och Argos

För att validera resultaten från CFAST och Argos har en beräkningsmodell framtagen av Yamana-Tanaka använts. Då övertändning inte inträffar under den simuleringsperiod CFAST och Argos är giltig kan handberäkningsmodeller för tiden till övertändningen inte användas.

Yamana-Tanakas ekvationer är framtagna för stora utrymmen med antagandet om väl omblandade förhållanden i brandgaslagret och en tvåzonsskiktning (Karlsson & Quintiere, 2000). Ekvationerna bygger vidare på iterering för att få fram svaret.

Vid beräkning med dessa ekvationer avses bara stora salen och därav söks den tid till vilket brandgaserna börjar läcka ut till angränsande utrymmen. Enligt CFAST tar det ungefär 2,5 minuter innan brandgaserna når den övre delen av dörren till baren. Denna tid söks med dessa ekvationer för att validera CFAST.

Konstanten  $k$  ges av:

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left( \frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3} \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$\rho_g$  är den varma gasens densitet och antas vid beräkningens start vara  $1,0 \text{ kg/m}^3$

$\rho_a$  är den omgivande luftens densitet och antas vara  $1,2 \text{ kg/m}^3$

$g$  är gravitationskonstanten

$c_p$  är luftens värmekapacitivitet och antas vara  $1 \text{ kJ/kgK}$

$T_a$  är den omgivande luftens temperatur och antas vara  $293 \text{ K}$

Nästa steg i beräkningen är att räkna fram brandgaslagrets höjd över golvet,  $z$ , och beräknas genom:

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

$k$  ges av ekvation ovan

$\alpha$  är tillväxthastigheten enligt  $\alpha t^2$  och i detta fall  $0,047 \text{ kW/s}^2$

$S$  är golvets area  $\text{m}^2$ , i detta fall  $200 \text{ m}^2$

$t$  är den tid i sekunder vid vilket höjden på brandgaslagret söks, i detta fall 150

$n$  är vad tiden tas upphöjt med enligt  $\alpha t^2$  kurvan, det vill säga 2

$H$  är rummets höjd, i detta fall  $4,3 \text{ m}$

$z$  värdet används sedan för att kontrollera om  $\rho_g$  vid beräkningens start antogs till rätt värde genom:

$$\rho_g = \rho_a \left( 1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)Sc_p 353} \right) \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

Stämmer  $\rho_g$  överrens med det antagna värdet i beräkningens start är  $z$  värdet rätt. I annat fall räknas ett nytt  $z$  värde fram med det nya  $\rho_g$  och så vidare. Efter ett antal itereringar erhålls ett  $z$  och  $\rho_g$  värde som korrelerar med varandra.

Med dessa värden blir denna höjd cirka 2,1 meter jämfört med det av CFAST framräknade värde på 2,3 meter. Detta ligger inom marginalen för vad som kan antas som korrekt då ovanstående beräkningar bland annat inte tar hänsyn till att branden befinner cirka 1,5 meter upp från golvet och i ett hörn.



## Bilaga 4 - Brand i källare

### Bilaga 4.1 - Effektutveckling

$$\dot{Q} = \dot{m}'' \cdot A \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$\dot{Q}$  = Effektutvecklingen (kW)

$\dot{m}''$  = Massavbrinningen (kg/m<sup>2</sup>s)

A = Brandens area (m<sup>2</sup>)

$\chi$  = Förbränningseffektiviteten

$\Delta H_c$  = Heat of combustion (MJ/kg)

Brandens area antas vara cirka 5 m<sup>2</sup>, med ett  $\Delta H_c$  på 17 MJ/kg och en förbränningseffektivitet på 0,7. Massavbrinningshastigheten antas vara samma som för löst staplat virke på 0,070-0,080 kg/m<sup>2</sup>s (Drysdale, 1998). Detta ger en maximal effektutveckling enligt:

$$\dot{Q} = 0,075 \cdot 5 \cdot 0,7 \cdot 17 = 4,5 \text{ MW}$$

### Bilaga 4.2 - Ventilationskontrollerad brand

Branden kommer att vara ventilationskontrollerad, vilket beräknas med hjälp av formeln

$$\dot{m}'_a = 0,5 \cdot A_\delta \cdot \sqrt{H_\delta} \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$$\dot{m}'_a = 0,5 \cdot 1,53 \cdot 1,34 = 1,026 \text{ kg/s}$$

$\dot{m}'_a$  = Luftflöde in i brandrummet (kg/s)

$A_\delta$  = Öppningens area (m<sup>2</sup>)

$H_\delta$  = Öppningens höjd (m)

$$\dot{Q}_{\max} = \Delta H_{c,\text{syre}} \cdot 0,23 \cdot \dot{m}'_a \quad (\text{Brandskyddshandboken, 2005})$$

$$\dot{Q}_{\max} = 13,1 \cdot 0,23 \cdot 1,026 = 3,1 \text{ MW}$$

$$\Delta H_{c,\text{syre}} = 13,1 \text{ MJ/kg}$$

Om  $\dot{Q} > \dot{Q}_{\max}$  så är branden ventilationskontrollerad.

$$\dot{Q} = 4,5 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{\max} = 3,1 \text{ MW}$$

Det bör påpekas att denna ekvation är ett förenklat sätt att beräkna den maximala effektutvecklingen som en brand kan utveckla i ett utrymme. Dock fungerar den som en god approximation för beräkning av tvåzonsmodeller (Karlsson & Quintiere, 2000).

### ***Bilaga 4.3 - Validering av tiden tills branden blir ventilationskontrollerad***

$$\dot{Q}_{\max} = \alpha \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{\dot{Q}_{\max}}{\alpha}} \quad (\text{Karlsson \& Quintiere, 2000})$$

$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}_{\max}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{3,1 \cdot 10^6}{0,047 \cdot 10^3}} = 250 \text{ s}$$

$$\dot{Q} = 3,1 \text{ MW}$$

$$\alpha = \text{Tillväxthastighet (0,047 kW/s}^2\text{)}$$

Denna tid stämmer väl överrens med den tid CFAST räknar fram till ventilationskontrollerad brand.



## Bilaga 5 - Indata i Simulex

Nedan är indata i Simulex samlade i olika tabeller för utrymningssimuleringarna av varje brandscenario. Grunduppställningen med personantalet och persontyper i varje rum är densamma för alla scenarierna. Responstid och utrymningsväg varierar däremot med placeringen av branden. De olika rummen har delats in i olika delar för få ett bättre flyt i utrymningen utan onaturliga flaskhalsar, och därmed erhålls en mer realistisk simulering.

Responstiderna för personer i de olika utrymmena är ansatta efter ingenjörsmässiga bedömningar, diskussion med Håkan Frantzych samt med hänsyn till när kritiska förhållanden uppstår i rummen. Tiderna är sedan ansatta systematiskt efter var personerna befinner sig i förhållande till branden. Individer som befinner sig nära branden kommer att upptäcka den visuellt eller via lukten. Dessa individer varskor sedan andra personer i intilliggande rum i olika stor utsträckning, beroende på relationen mellan dem. När större grupper av personer börjar utrymma till intilliggande rum och skapar köbildningar där, uppmärksammas detta av personer i dessa rum. Personer i intilliggande rum kan även bli varse om faran via personal. Beroende av brandens effekt och lokalisering uppstår kritiska förhållanden efter en viss tid i fler rum än det branden startade i. Tiden till det att dessa förhållanden uppstår erhålls från CFAST och används i de fall varseblivning mellan personer bedöms ta längre tid än det att kritiska förhållanden infinner sig.

De egenskaper som ändrats på individerna i Simulex för att anpassas efter troliga karaktärsdrag hos nattklubsbesökare är kroppsstorlek och gånghastighet. Framförallt gånghastigheten har justerats efter det faktum att många gäster i objektet är alkoholpåverkade. Gånghastigheten är på grund av detta är ansatt till 0,5 m/s med en variation på  $\pm 0,4$  m/s, vilket får ses som relativt lågt.

Förkortningarna som används står för följande

NKG: Nattklubbsgäster  
NV: Nordväst  
NÖ: Nordöst  
SV: Sydväst  
SÖ: Sydöst

**Bilaga 5.1 - Brand i garderob**

<i>Rum</i>	<i>Antal personer</i>	<i>Responstid (sekunder)</i>	<i>Avvikelse (+- sekunder)</i>	<i>Utrymningsväg</i>	<i>Persontyp</i>
<b>Garderob</b>	31	30	15	Närmaste nödutgång	NKG
<b>Södra damtoaletten</b>	16	80	20	Närmaste nödutgång	NKG-kvinnliga
<b>Norra damtoaletten</b>	14	80	20	Nödutgång NV/NÖ	NKG-kvinnliga
<b>Herrtoalett</b>	12	80	20	Nödutgång NV/NÖ	NKG-manliga
<b>Entrérum</b>	37				
Västra delen	7	65	15	Nödutgång SV	NKG
Östra delen	30	110	20	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Bar</b>	136				
Norra delen	28	80	20	Nödutgång NÖ	NKG
Södra delen	108	100	20	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Stora salen</b>	104				
Nordvästra delen	26	120	30	Nödutgång NV	NKG
Nordöstra delen	26	120	30	Nödutgång NÖ	NKG
Sydvästra delen	26	110	30	Nödutgång NÖ	NKG
Sydöstra delen	26	110	30	Nödutgång NÖ	NKG
<b>Källare</b>	2	200	1	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Bardisken</b>	5	110	10	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Köket</b>	5	130	10	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Övervåning</b>	4	160	10	Nödutgång Trapphus	Personal
<b>Garderobsdisken</b>	2	45	1	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Totalt</b>	368				

Tabell B 4. Responstider för simulering i Simulex vid brand i garderob.

**Bilaga 5.2 - Brand i elskåp utan kortslutning**

<i>Rum</i>	<i>Antal personer</i>	<i>Responstid (sekunder)</i>	<i>Avvikelse (+- sekunder)</i>	<i>Utrymningsväg</i>	<i>Persontyp</i>
<b>Garderob</b>	31	200	30	Närmaste nödutgång	NKG
<b>Södra damtoaletten</b>	16	230	30	Närmaste nödutgång	NKG-kvinnliga
<b>Norra damtoaletten</b>	14	230	30	Nödutgång SV	NKG-kvinnliga
<b>Herrtoalett</b>	12	230	30	Nödutgång SV	NKG-manliga
<b>Entrérum</b>	37				
Västra delen	7	230	30	Nödutgång SV	NKG
Östra delen	30	230	30	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Bar</b>	136				
Norra delen	28	180	30	Nödutgång SV	NKG
Södra delen	108	200	30	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Stora salen</b>	104				
Nordvästra delen	26	150	30	Nödutgång NV	NKG
Nordöstra delen	26	120	30	Nödutgång NV	NKG
Sydvästra delen	26	150	30	Nödutgång SV	NKG
Sydöstra delen	26	150	30	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Källare</b>	2	300	1	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Bardisken</b>	5	150	1	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Köket</b>	5	200	15	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Övervåning</b>	4	300	10	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Garderobsdisken</b>	2	210	10	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Uteservering</b>	280	200	20	Huvudentré	NKG
<b>Totalt</b>	648				

Tabell B 5. Responstider för simulering i Simulex vid brand i elskåp utan kortslutning.

**Bilaga 5.3 - Brand i elskåp med kortslutning**

<i>Rum</i>	<i>Antal personer</i>	<i>Responstid (sekunder)</i>	<i>Avvikelse (+- sekunder)</i>	<i>Utrymningsväg</i>	<i>Persontyp</i>
<b>Garderob</b>	31	120	20	Huvudentré via närmaste nödutgång	NKG
<b>Södra damtoaletten</b>	16	150	20	Huvudentré via närmaste nödutgång	NKG-kvinnliga
<b>Norra damtoaletten</b>	14	150	20	Huvudentré via nödutgång SV	NKG-kvinnliga
<b>Herrtoalett</b>	12	150	20	Huvudentré via nödutgång SV	NKG-manliga
<b>Entrérum</b>	37				
Västra delen	7	120	20	Huvudentré via nödutgång SV	NKG
Östra delen	30	230	30	Huvudentré via nödutgång SÖ	NKG
<b>Bar</b>	136				
Västra delen	28	90	20	Huvudentré via nödutgång SV	NKG
Östra delen	108	90	20	Huvudentré via nödutgång SÖ	NKG
<b>Stora salen</b>	104				
Nordvästra delen	26	60	20	Nödutgång NV	NKG
Nordöstra delen	26	60	20	Nödutgång NV	NKG
Sydvästra delen	26	60	20	Huvudentré via nödutgång SV	NKG
Sydöstra delen	26	60	20	Huvudentré via nödutgång SÖ	NKG
<b>Källare</b>	2	150	1	Huvudentré via närmaste nödutgång	Personal
<b>Bardisken</b>	5	60	20	Huvudentré via närmaste nödutgång	Personal
<b>Köket</b>	5	90	20	Huvudentré via närmaste nödutgång	Personal
<b>Övervåning</b>	4	150	20	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Garderobsdisken</b>	2	120	10	Huvudentré via närmaste nödutgång	Personal
<b>Uteservering</b>	280	150	20	Huvudentré	NKG
<b>Totalt</b>	648				

Tabell B 6. Responstider för simulering i Simulex vid brand i elskåp med kortslutning.

**Bilaga 5.4 - Brand i källaren**

<i>Rum</i>	<i>Antal personer</i>	<i>Responstid (sekunder)</i>	<i>Avvikelse (+- sekunder)</i>	<i>Utrymningsväg</i>	<i>Persontyp</i>
<b>Garderob</b>	31	200	20	Närmaste nödutgång	NKG
<b>Södra damtoaletten</b>	16	200	20	Närmaste nödutgång	NKG-kvinnliga
<b>Norra damtoaletten</b>	14	200	20	Nödutgång SV	NKG-kvinnliga
<b>Herrtoalett</b>	12	200	20	Nödutgång SV	NKG-manliga
<b>Entrérum</b>	37				
Västra delen	7	160	20	Nödutgång SV	NKG
Östra delen	30	160	20	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Bar</b>	136				
Norra delen	28	140	20	Nödutgång SV	NKG
Södra delen	108	140	20	Nödutgång SÖ	NKG
<b>Stora salen</b>	104				
Nordvästra delen	26	140	20	Nödutgång NV	NKG
Nordöstra delen	26	140	20	Nödutgång NÖ	NKG
Sydvästra delen	26	140	20	Nödutgång NV	NKG
Sydöstra delen	26	140	20	Nödutgång NÖ	NKG
<b>Källare</b>	2	30	20	Nödutgång Trapphus	Personal
<b>Bardisken</b>	5	90	20	Nödutgång NV/SÖ	Personal
<b>Köket</b>	5	90	20	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Övervåning</b>	4	140	20	Nödutgång SV	Personal
<b>Garderobsdisken</b>	2	200	1	Närmaste nödutgång	Personal
<b>Totalt</b>	368				

Tabell B 7. Responstider för simulering i Simulex vid brand i källaren.