

LUND

Brandteknisk Riskvärdering

av Norrköpings Konstmuseum

Rapport 9445

Författare
Emma Halldén
Anna Mårtensson
Fredrik Runesson
Sebastian Severinsen

Handledare
Alexander Cedergren

2013-05-23

Avdelningen för Brandteknik
och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Department of Fire Safety Engineering
and Systems Safety
Lunds University



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering av

Norrköpings Konstmuseum

Emma Halldén
Anna Mårtensson
Fredrik Runesson
Sebastian Severinsen

Lund 2013

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

Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering

Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 60
Hemsida: www.brand.lth.se
Epostadress: brand@brand.lth.se

Department of fire Safety Engineering and System Safety

Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
Telephone: +46 46-222 73 60
Homepage: www.brand.lth.se
E-mail: brand@brand.lth.se

Titel/Title

Brandteknisk riskvärdering av Norrköpings konstmuseum.
Fire safety evaluation of Norrköpings Museum.

Rapport/Report (9445)

©Brandteknik och Riskhantering. Lunds Tekniska Högskola, 2013.

Författare/Authors

Emma Halldén
Anna Mårtensson
Fredrik Runesson
Sebastian Severinsen

Brandingenjörsprogrammet, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2013
Fire Safety Engineering Program, Lund Institute of Technology, 2013

Antal sidor/Number of pages

181 (inklusive bilagor/including appendix)

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, BTR, Norrköpings Konstmuseum, utrymning, kritiska förhållanden, museum, brandgasfyllnad, branddetektion, FDS, CFAST, SIMULEX, @RISK.

Keywords

Fire risk assessment, BTR, Norrköpings Art Museum, evacuation, critical conditions, museum, smoke filling, fire detection, FDS, CFAST, SIMULEX, @RISK.

Bilder/Pictures

Alla bilder är författarnas privata om inget annat anges. All pictures are private pictures taken by the authors if no other reference is mentioned.

Språk/Language

Svenska/Swedish

Abstract

This report is a fire risk assessment of Norrköpings Art Museum and is written as a part of the Fire Protection Engineering program at Lund University.

The three scenarios that are evaluated in the report come from a coarse qualitative analysis conducted after a visit at the object. Programs like CFAST, FDS and SIMULEX has been used to implement this analysis. The results obtained from these programs are used to determine the time to critical conditions in the event of a fire and the time it takes to evacuate people from the building. By comparing these times there is either a positive safety margin that indicates that a safe evacuation can be conducted or there is a negative margin that indicates that people were still in the building when critical conditions occurred. The results in two of the three scenarios yielded negative margins and to compensate for this there is possible solutions listed in the report. The conclusion of the report describes that measures should be taken in all scenarios and that in two of the scenarios actions shall be taken to secure that a safe evacuation can take place.

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av Norrköpings konstmuseum och är skriven som en del av kursen VBR054 Brandteknisk riskvärdering vid brandingenjörsprogrammet på Lunds Tekniska Högskola. Syftet med arbetet är att utvärdera brandskyddet på museet med utgångspunkt i personsäkerhet vid utrymning.

Från en kvalitativ grovanalys av hela Norrköpings Konstmuseum, som gjordes efter ett platsbesök, valdes de tre värsta troliga scenarier ut för noggrannare analys. De tre valda scenarierna har utgångspunkt i förrådet vid Galleri 6, Krumeluren och Filmsalen. Alla scenarierna representerar olika verksamheter och analyseras med hjälp av CFAST, FDS och handberäkningar för att kunna bedöma tiden till kritiska förhållanden. Programmet SIMULEX används tillsammans med kvalitativa bedömningar för att bestämma den totala tid som krävs för att genomföra en utrymning. Tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår jämförs med total utrymningstid för att säkerställa att brandskyddet är tillräckligt för att genomföra en säker utrymning. Känslighetsanalyser har genomgående utförts i alla delar av arbetet, dels för att validera resultaten men också för att vara säker på att konservativa bedömningar har gjorts när resultaten tolkats.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att brandskyddet på Norrköpings konstmuseum i stort är väl skött. Trots detta finns vissa delar som bör förbättras för att en säker utrymning ska kunna ske av både besökare och personal på museet.

Nedan beskrivs de förslag som ska förbättras i byggnaden för att dagens rekommendationer gällande säker utrymning ska uppfyllas.

Allmänt för byggnaden gäller att alla utrymningsvägar ska vara fria från lös inredning. För att kunna säkerställa att objektets handbrandsläckare, utrymningsskyltar och automatiska dörrstängare fungerar på ett korrekt sätt är det viktigt att det sker rutinmässiga kontroller av dessa. Gällande brandskyddet i Krumeluren ska en ny utrymningsväg byggas samtidigt som att alla stafflier och papper ska förvaras i brandklassade skåp. Soffan ska även behandlas med flamskyddsmedel för att kunna säkerställa en säker utrymning ur lokalen. En alternativ lösning i Krumeluren, ifall de ovanstående åtgärdsförslagen anses innebära en allt för stor ekonomisk investering, är att flytta verksamheten till en mer lämplig lokal. För att kunna säkerställa att en säker utrymning kan ske i Filmsalen får inga föremål placeras under läktarna, det får inte heller finnas några extra uppsatta sittplatser framför läktarna. Det ska även monteras en extra utrymningsväg längst bak på respektive läktare eller bygga om läktarraderna närmast mittgången till trappor.

Det finns även åtgärdsförslag som innebär en förbättring av brandskyddet i byggnaden men det är inga krav på att de ska genomföras. Förslagen innebär att de kåpor som finns på vissa dörrar bör bytas ut mot brythandtag, blyxtljus bör installeras på alla toaletter och att skyltar med det maximalt tillåtna personantalet bör sättas upp utanför samtliga samlingslokaler. Även de utrymningsvägar som kan användas av personer med nedsatt orienterings- eller rörelseförmåga bör särskilt markeras och utrymningsdörrarna i Filmsalen bör breddas. Gällande Krumeluren bör inte bord eller stolar staplas i utrymmet. På ovanvåningen rekommenderas det, enligt dagens regelverk, att det ska finnas en utrymningsplats med tvåvägskommunikation. Fortsatt god kommunikation med räddningstjänsten bör vidhållas, exempelvis genom att inkludera detta som en del av det systematiska brandskyddsarbetet.

Med ovan rekommenderade åtgärder anses brandskyddet på Norrköpings Konstmuseum vara tillfredsställande och att en säker utrymning kan ske från lokalerna.

Förord

Författarna vill rikta ett särskilt tack till följande personer som under arbetets gång har bidragit med handledning, tips, idéer och stöd.

Alexander Cedergren	<i>Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola,Handledare</i>
Thomas Wennström	<i>Brandmästare, Räddningstjänsten Östra Götaland,Handledare</i>
Örjan Söderholm	<i>Museitekniker, Norrköpings Konstmuseum</i>
Håkan Frantzych	<i>Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola</i>
Daniel Nilsson	<i>Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola</i>
Jonathan Wahlqvist	<i>Doktorand, Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola</i>
Erik Sävmark	<i>Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering, Brandkonsulten AB</i>

Nomenklatur

A_f	Flamarea [m^2]
C_d	Flödeskoefficient [-]
c_p	Specifik värmekapacitet vid konstant tryck [$kJ/(kg \cdot K)$]
D	Avstånd till mottagare [m]
D_f	Flammans diameter [m]
g	Tyngdaccelerationen [m/s^2]
H	Höjd på rummet [m]
H_0	Höjd på öppningen [m]
h	Flamhöjd [m]
h_l	Avstånd från golv till neutralplanet [m]
k	Konstant för beräkning av brandgaslagrets höjd [-]
L_1	Halva flambredden [m]
L_2	Halva flamhöjden [m]
L_f	Flamhöjd [m]
\dot{m}_a	Massflöde luft in i rummet [kg/s]
n	Brandtillväxthastighetsexponent [-]
Q	Energi [kJ]
\dot{Q}	Effektutveckling [kW]
\dot{Q}^*	Dimensionslös effektutveckling [-]
\dot{q}''_r	Strålningsintensitet [kW/m^2]
\dot{q}_{max}	Maximal effektutveckling i ett brandförlopp [kW]
R	Avstånd till mottagare [m]
S	Variabel för beräkning av synfaktor [-]
S	Golvarea [m^2]
T	Temperatur [K]
T_a	Omgivningstemperatur [K]
T_f	Flamtemperatur [K]

T_g	<i>Brandgastemperatur [K]</i>
t	<i>Tid [s]</i>
V	<i>Volym [m^3]</i>
W	<i>Bredd på öppningen [m]</i>
w	<i>Flambredd [m]</i>
z	<i>Brandgaslagrets höjd över golvet [m]</i>
α	<i>Brandtillväxthastighet [kW/s^2]</i>
α	<i>Variabel för beräkning av synfaktor [-]</i>
ε	<i>Emissivitet [-]</i>
θ	<i>Vinkel mellan flammans normal och mottagaren [$^\circ$]</i>
π	<i>Pi [-]</i>
ρ_a	<i>Densitet för luft [kg/m^3]</i>
ρ_g	<i>Densitet för brandgaser [kg/m^3]</i>
σ	<i>Boltzmanns konstant [$W/(m^2 \cdot K^4)$]</i>
Φ	<i>Synfaktor [-]</i>
Φ_{tot}	<i>Totala synfaktorn [-]</i>
χ_r	<i>Strålningsfraktion av branden [-]</i>

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Syfte	1
1.2 Mål	1
1.3 Avgränsningar och begränsningar	1
1.4 Skyddsmål	1
1.4.1 Skadekriterier	1
2. Metod	3
2.1 Strukturering och planering av arbetet	3
2.2 Platsbesök.....	4
2.3 Definiera skyddsmål.....	4
2.4 Brandteknisk utvärdering	4
2.5 Kontroll av skyddsmål.....	4
3. Objektsbeskrivning.....	5
3.1 Byggnad- Verksamhet- och Säkerhetsklass	6
3.2 Plan 1 – Souterrängplan	6
3.3 Plan 2 – Entréplan	7
3.4 Plan 3 – Ovanvåning	8
3.5 Ventilation.....	8
4. Befintligt brandskydd.....	9
4.1 Brandcellsindelning.....	9
4.2 Dörrbeslag och dörrstängare.....	11
4.3 Detektionssystem.....	11
4.4 Släcksystem	12
4.5 Utrymningsvägar	12
4.6 Utrymningsplats	13
4.7 Vägledande markering och nödbelysning	13
4.8 Utrymningslarm.....	13
4.9 Brandgasventilation och skydd mot brandgasspridning.....	13
4.10 Ytskikt och beläggning på väggar, tak och golv	14
4.11 Systematiskt brandskyddsarbete.....	14
4.12 Räddningstjänst	14
4.13 Observerade brister i det befintliga brandskyddet.....	15
4.14 Allmänna åtgärdsförslag.....	18
5. Teori gällande människor och utrymning.....	19
5.1 Kritiska förhållanden.....	19

5.2 Människors beteende vid brand.....	20
5.3 Beräkning av utrymningstid	21
6. Riskidentifiering	23
6.1 Grovanalys.....	23
6.2 Riskmatris.....	29
7. Scenario A – Förrådet vid Galleri 6	31
7.1 Detaljerad beskrivning	31
7.2 Tid till utrymning i Galleri 6	32
7.2.1 Varseblivningstid.....	32
7.2.2 Förberedelsetid	32
7.2.3 Förflyttningstid.....	32
7.2.4 Total utrymningstid	33
7.3 Effektutveckling vid fritt brandförlopp-CFAST.....	33
7.3.1 Effektutveckling vid ventilationskontrollerat brandförlopp	35
7.4 Tid till kritiska förhållanden.....	35
7.5 Säkerhetsmarginal	36
7.6 Åtgärder.....	37
8. Scenario B – Krumeluren	39
8.1 Detaljerad beskrivning	39
8.2 Tid till utrymning i Krumeluren	40
8.2.1 Varseblivningstid.....	40
8.2.2 Förberedelsetid	41
8.2.3 Förflyttningstid.....	41
8.2.4 Total utrymningstid	42
8.3 Effektutveckling vid fritt brandförlopp	42
8.3.1 Effektutveckling vid ventilationskontrollerat brandförlopp	43
8.4 Tid till kritiska förhållanden.....	44
8.5 Säkerhetsmarginal	44
8.6 Åtgärder.....	45
8.6.1 Brandscenario efter åtgärder.....	46
8.6.2 Tid till utrymning efter åtgärder	46
8.6.3 Tid till kritiska förhållanden efter åtgärder.....	47
8.6.4 Säkerhetsmarginal efter åtgärder	47
9. Scenario C – Filmsalen.....	49
9.1 Detaljerad beskrivning	49
9.2 Tid till utrymning i Filmsalen	50

9.2.1 Varseblivningstid.....	50
9.2.2 Förberedelsetid	50
9.2.3 Förflyttningstid.....	50
9.2.4 Total utrymningstid	51
9.3 Effektutveckling vid fritt brandförlopp	52
9.4 Tid till kritiska förhållanden.....	53
9.5 Säkerhetsmarginal	54
9.6 Åtgärder.....	54
9.6.1 Brandscenario.....	56
9.6.2 Tid till utrymning efter åtgärder i Filmsalen	56
9.6.3 Tid till kritiska förhållanden efter åtgärder i Filmsalen.....	58
9.6.4 Säkerhetsmarginal efter åtgärder	58
10. Diskussion	59
10.1 Scenario A – Förrådet vid Galleri 6	60
10.2 Scenario B - Krumeluren.....	61
10.3 Scenario C - Filmsalen	61
10.4 FDS.....	62
10.5 SIMULEX	63
10.6 @RISK	65
11. Slutsats	67
12. Litteraturlista.....	69
Bilaga A – Skriftlig redogörelse för brandskyddet.....	I
Bilaga B – Systematiskt brandskyddsarbete.....	VII
Bilaga C – SIMULEX	XIII
Bilaga D - Statistik och händelsesträd	XXI
Bilaga E - Handberäkningar	XXV
Bilaga F - @RISK	XLV
Bilaga G - CFAST	LIII
Bilaga H – FDS	LXIII
Bilaga I – Förkastade åtgärder i Krumeluren	LXXV
Bilaga J – Indatafiler FDS	LXXIX

1. Inledning

Rapporten är framtagen i utbildningssyfte i kursen VBR054 Brandteknisk riskvärdering som ges på Lunds Tekniska Högskola. I rapporten undersöks befintligt brandskydd på Norrköpings Konstmuseum och möjliga förbättrande åtgärder kommer att föreslås när det behövs. Fokus kommer främst ligga på brandskydd kopplat till utrymnings säkerhet.

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att genom analytiska metoder värdera om nivån på brandskyddet är tillfredsställande på objektet.

1.2 Mål

Målet med rapporten är att belysa potentiella svagheter i brandskyddet, med fokus på utrymning och bidra med relevanta förslag på förbättringar.

1.3 Avgränsningar och begränsningar

Det finns stora ekonomiska värden i muséets utställningsmaterialet vilket bör tas i beaktande vid utformning av brandskydd. I rapporten tas dock endast begränsad hänsyn till de ekonomiska skadorna och miljökonsekvenser vid en eventuell brand eftersom det ligger utanför kursens syfte. I huvudsak inriktar sig rapporten på personsäkerhet för personal och besökare på konstmuséet. Rapporten avgränsas till att främst behandla de publika delarna av objektet. De publika delarna som studeras är bland annat; gallerierna, Filmsalen och Krumeluren. Utrymmena är i högsta grad intressanta att studera vid en utrymningssituation eftersom människorna kan anses ha dålig kännedom om lokalerna. Det är främst brandens initiala skede och dess påverkan fram tills att alla människor har utrymt lokalerna som beaktas i rapporten. Byggnadens hållfasthet under brand beaktas inte och byggnaden antas vara intakt under hela utrymningstiden.

En av de begränsningar som finns är knapphändig information om ventilationssystemet på objektet. Av den anledningen antas ventilationssystemet fungera enligt uppgift från personal på plats, se kapitel 4.9.

1.4 Skyddsmål

Skyddsmålet bestäms till att alla människor som befinner sig på konstmuséet ska kunna genomföra en säker utrymning vid brandtillbud av värsta troliga karaktär.

1.4.1 Skadekriterier

Om skyddsmålet ska uppfyllas måste alla personer i byggnaden kunna utrymma till en säker plats. Med säker plats menas antingen att utrymningen sker ut i det fria eller till en annan brandcell. Kriteriet gäller oberoende av vilket brandscenario som inträffar. Skadekriterierna bestäms till då kritiska förhållanden uppnås enligt Boverkets byggregler (BBR) avseende brandgaslagrets höjd, rumstemperatur, värmeintensitet och toxicitet. Skadekriterierna som används är satta enligt Boverket (2011)

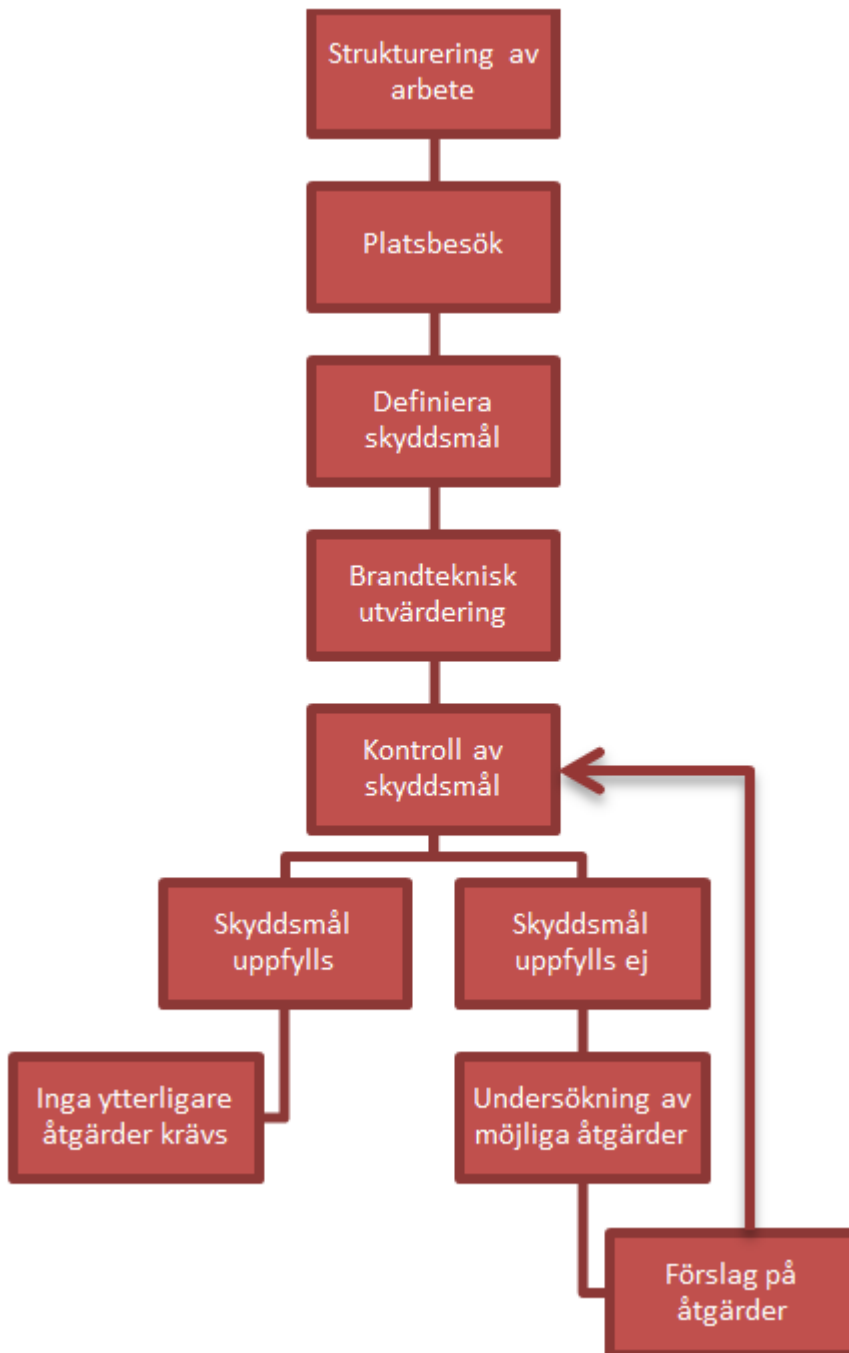
Brandteknisk riskvärdering av Norrköpings Konstmuseum

- Brandgaslagrets höjd $< 1,6 \cdot 0,1 \cdot H$
eller sikt < 10 meter
- Rumstemperaturen > 80 °C
- Värmeintensitet $> 2,5$ kW/m² eller under kortvarig tid > 10 kW/m²
Värmedosen > 60 kJ/m² utöver energi på 1 kW/m²
- Toxicitet:
Kolmonoxid > 2000 ppm
Koldioxidkoncentrationen > 5 %
Syrgaskoncentrationen < 15 %

För utförligare beskrivning av kritiska förhållanden se kapitel 5.1.

2. Metod

Arbetsgången för projektet finns beskriven i Figur 1.



Figur 1. Flödesschema över arbetsgången för rapporten.

2.1 Strukturering och planering av arbetet

Det första som gjordes var att lägga upp en struktur för arbetet och definiera syfte samt mål. Förberedelser inför platsbesök genomfördes, till exempel genomgång av ritningar och insamlande av övergripande kunskap om objektet.

2.2 Platsbesök

För att få en bättre bild och känsla av hur byggnaden och verksamheten ser ut på Norrköpings Konstmuseum genomfördes ett platsbesök. Under platsbesöket dokumenterades samtliga rums dimensioner, utrymningsmöjligheter, befintligt brandskydd och befintligt larmsystem. På platsbesöket gavs en rundvandring av museitekniker på objektet och brandmästare från Räddningstjänsten Östra Götaland. Dessa personer gav en djupare inblick i hur det systematiska brandskyddsarbetet fungerar och hur lokalerna används.

2.3 Definiera skyddsmål

Efter platsbesöket definierades skyddsmål utifrån den inriktning som kursen har. Detta förankrades med brandmästare och handledare från LTH.

2.4 Brandteknisk utvärdering

Den brandtekniska utvärderingen inleddes med en grovanalys av möjliga brandscenarier. Från dessa scenarier valdes sedan de tre ut som ansågs vara mest allvarliga ur utrymningssynpunkt för vidare analys.

De utvalda scenarierna utvärderades genom litteraturstudier, handberäkningar och simuleringar i programmen CFAST, SIMULEX, FDS och @RISK. Insamlad information resulterade i tillväxthastigheter och effektutvecklingskurvor som sedan användes som indata vid simuleringar.

2.5 Kontroll av skyddsmål

Om kritiska förhållanden uppstår innan utrymning är genomförd uppfylls inte skyddsmålet och det krävs en åtgärd för att besökande personer ska kunna genomföra en tillfredställande utrymning. Möjliga åtgärder föreslås och scenariot går igenom samma cykel en gång till med utvärdering och kontroll av att skyddsmålet uppfylls.

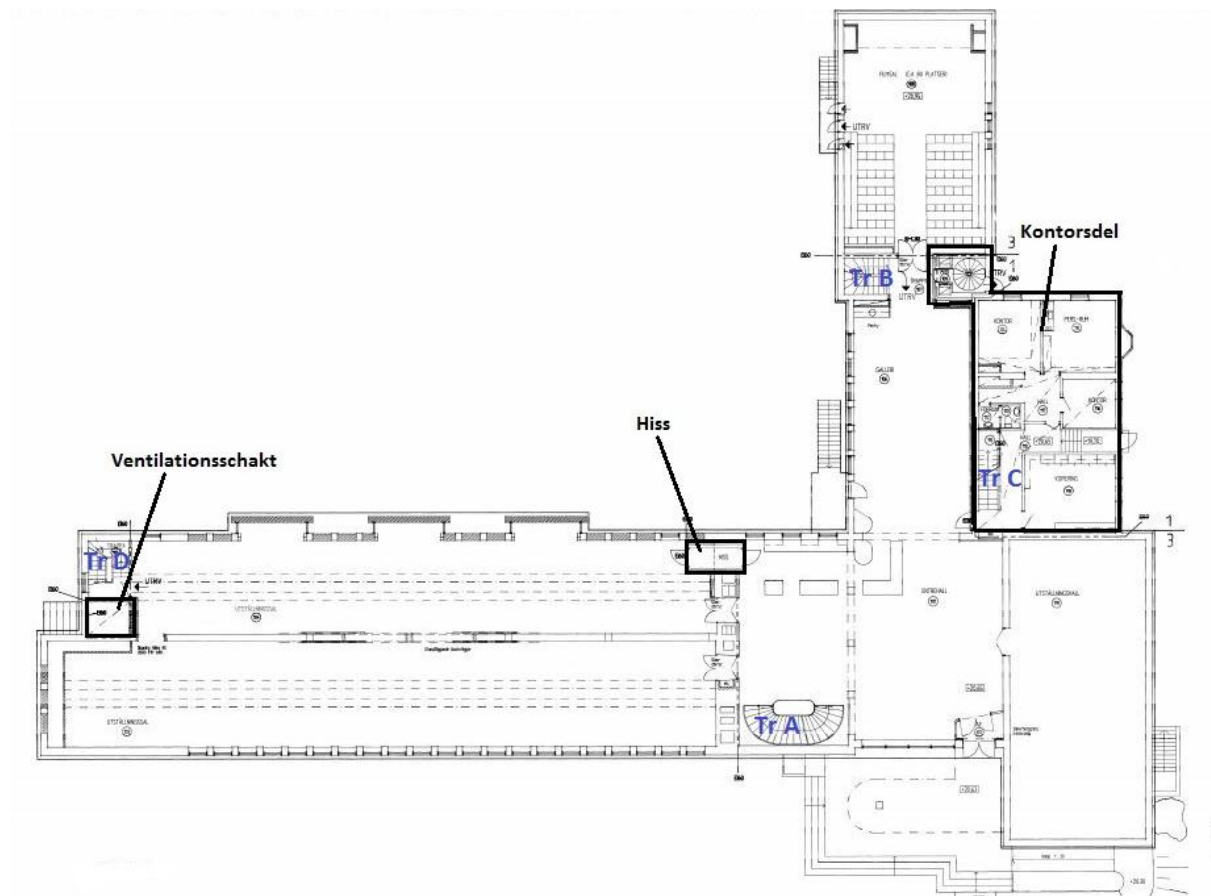
Om utvärderingen indikerade att kritiska förhållanden inte uppstår innan utrymning är genomförd krävs inga ytterligare åtgärder utan objektet uppfyller skyddsmålet om en säker utrymning.

3. Objektsbeskrivning

Norrköpings Konstmuseum är en tegelbyggnad i tre plan som invigdes år 1946 och den senaste stora renoveringen gjordes år 1997 (Norrköpings Konstmuseum 1, 2013). Muséet har 14 stycken anställda och det är alltid minst två personer som arbetar samtidigt. Antalet besökare varierar med säsong och utställningar men det får i dagsläget maximalt vistas 1500 personer i byggnaden samtidigt, se Bilaga A.

Byggnaden består av en publik del och en kontorsdel som går genom byggnaden i alla tre våningsplan. Genom trapphusen A, B och D samt hissen kan personal och besökare röra sig genom samtliga våningsplan, dess placering visas i Figur 2. Bredvid trapphus D finns ett ventilationsschakt som går genom alla våningar.

I byggnadens publika del finns totalt sex stycken utställningshallar som i rapporten kommer att benämnas Galleri 1 – 6, se Figur 3-5. Gallerierna görs ibland om för att de aktuella utställningarna ska framställas på rätt sätt, exempelvis byggs mobila väggar upp för att skapa en passande geometri.



Figur 2. Översiktbild över sektioner som går genom alla plan. Hiss, trappor och kontorsdel finns utmärkta.

3.1 Byggnad- Verksamhet- och Säkerhetsklass

För att undersöka byggnaden, men även förstå vilka krav som ställs från samhället och BBR avseende säkerhet, är det angeläget att ha kunskap om vilken byggnads- och verksamhetsklass anläggningen har. Efter platsbesöket gjordes bedömningen, utifrån BBR, att

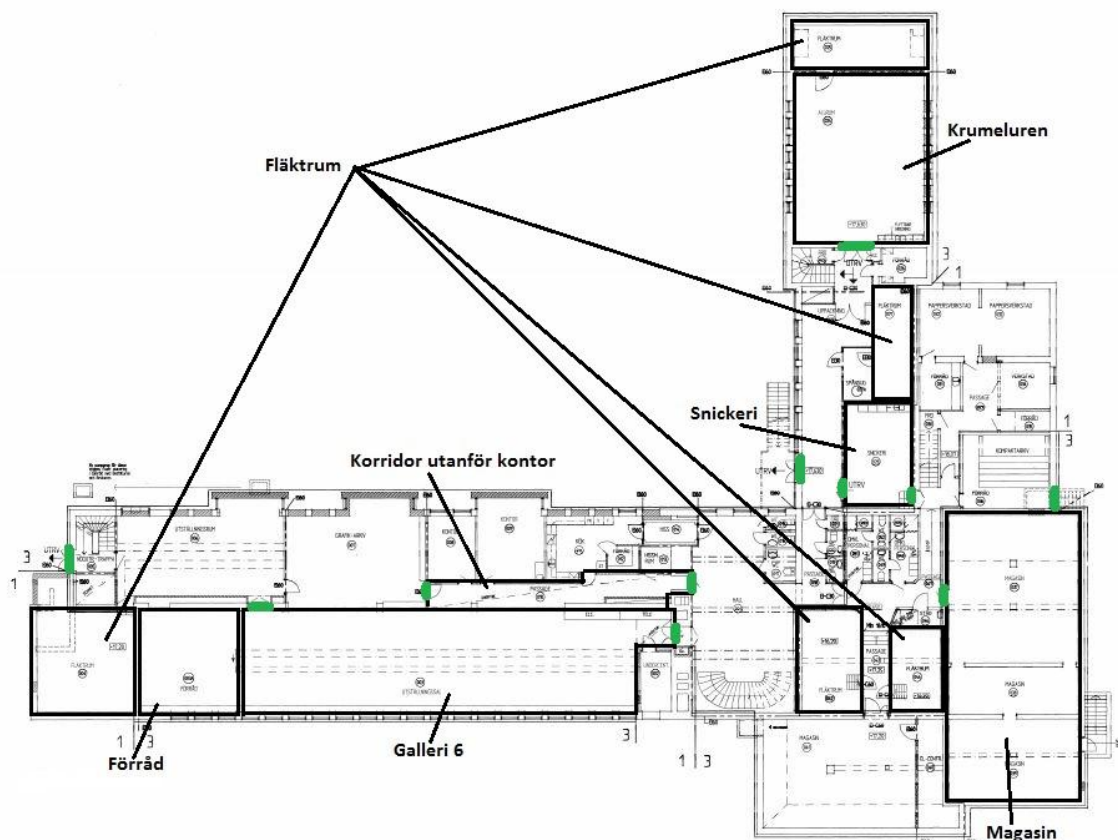
- Byggnadens publika lokaler bedöms tillhöra verksamhetsklass 2B (samlingslokal >150 personer)
- Kontorsdelen fastställs till verksamhetsklass 1 (kontor)
- Enligt dagens regler bör byggnaden vara uppförd enligt byggnadsklass Br 1 eftersom Vk 2B bedrivs på ovanvåningen

Eftersom det finns en överhängande risk för stöld från museét kräver försäkringsbolaget att väggar, dörrar och fönster nära den värdefulla konsten är av säkerhetsklass 3. Det betyder exempelvis att fönsterglasen är okrossbara och att vissa fönster har ett utvändigt galler som inbrottskydd.¹

3.2 Plan 1 – Souterrängplan

Byggnadens understa del är ett souterrängplan, här återfinns Galleri 6 med tillhörande förråd men även grafikarkiv, kapprum, toaletter, kontorsdel, flera magasin, snickeri, kreativitetsrummet Krumeluren och fem stycken fläktrum, se Figur 3.

På väggarna i Galleri 6 hänger tavlor och i mitten av rummet finns olika typer av annan konst så som statyer. I magasinerna förvaras ett stort antal tavlor och andra utställningsföremål, dessa är både tätt packade och högt staplade. I snickeriet förvaras många olika kemikalier så som färg och lim utan någon särskild brandsäker förvaring. Allrummet Krumeluren används som en kreativitetsverkstad och brukas av både vuxna och barn. I lokalen finns stolar och bord av trä och här förvaras även en del papper och färg.



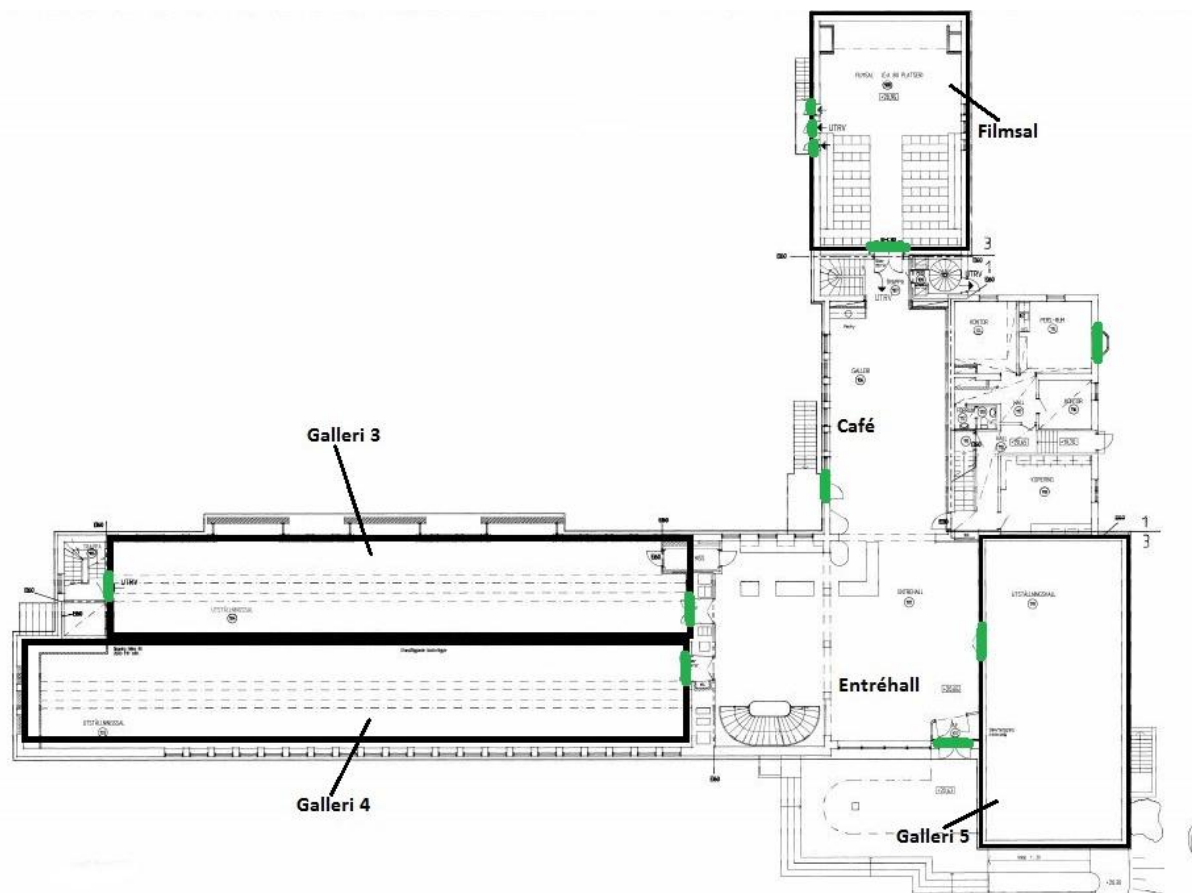
Figur 3. Orientering av rum på souterrängplanet med markerade utrymningsvägar.

¹ Örjan Söderholm, museitekniker, muntlig källa, 2013-02-11

3.3 Plan 2 – Entréplan

Besökare till muséet ankommer först till denna våning och välkomnas här i entréhallen vilken består av reception, souvenirshop och en caféteria. På detta plan finns också Galleri 3, 4 och 5 samt Filmsalen och en kontorsdel, se Figur 4.

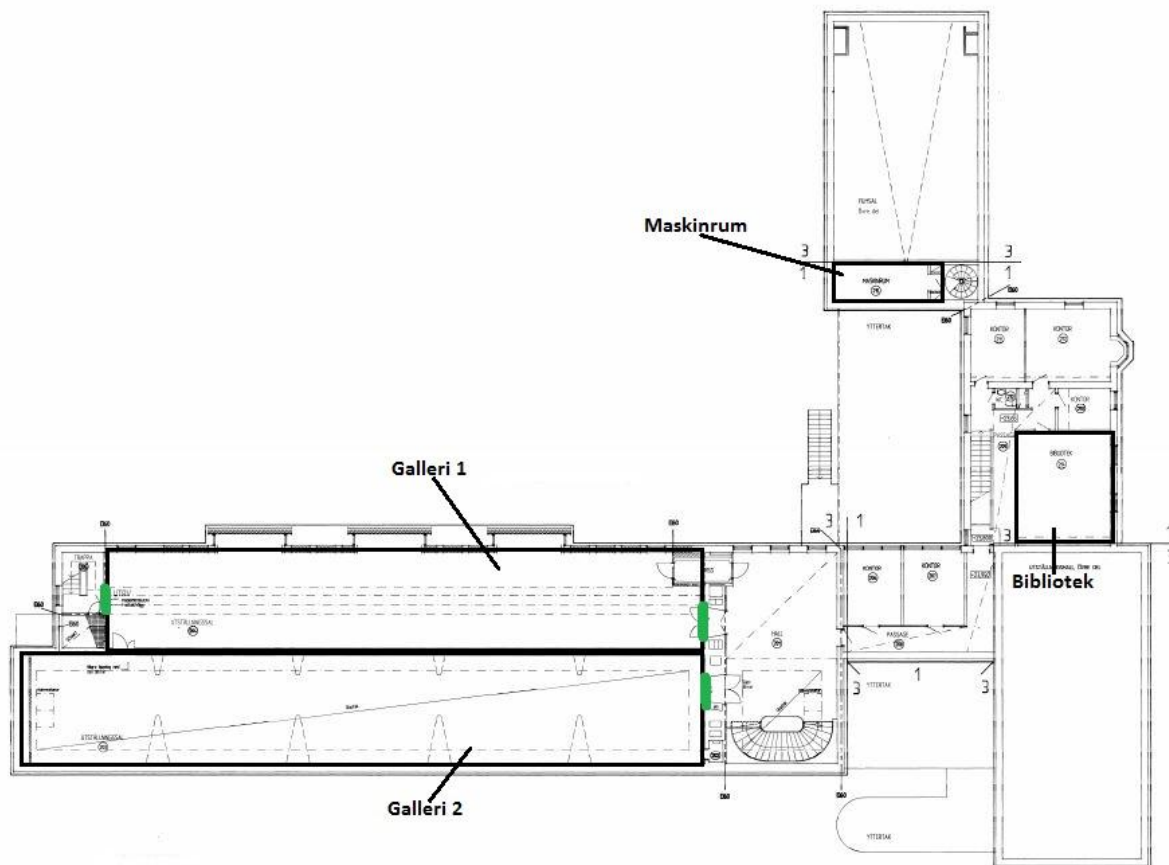
Entréhallen är stor och luftig och återfinns i trapphus A. Souvenirerna i souvenirshopen består till störst del av papperskort och böcker. Galleri 3 och 4 är stora utställningshallar som övergår i varandra genom öppningar i väggen. Galleri 5 hittas på motstående sida av entréhallen, detta rum har bara en utrymningsväg. Under taket i Galleri 5 hänger ett stort vitt tygskynke över hela rummet för att dämpa det inkommande ljuset från fönstren. Filmsalen består av en mindre sal med projektor och två läktare av metallstomme. I vissa fall kan även stolar ställas upp som en extra rad för att få in fler människor, maximalt antal besökare i Filmsalen uppskattas vara 100 personer. Personantalet är baserat på antal sittplatser. Utrymningsvägarna i rummet består av tre smala dörrar på 0,56 meter och dessa leder ut till det fria. Ytterligare en utrymningsväg är dörren som används för att gå in i salen från caféterian. För placering av utrymningsvägar se Figur 4.



Figur 4. Orientering av rum på entréplanet med markerade utrymningsvägar.

3.4 Plan 3 – Ovanvåning

På ovanvåningen finns Galleri 1 och 2 som är museets två största utställningshallar med ungefär fem respektive tre meter i tak. På detta plan finns även maskinrummet till Filmsalen som tillsammans tillhör samma brandcell. I kontorsdelen på denna våning finns förutom kontor även ett mindre bibliotek, se Figur 5.



Figur 5. Orientering av rum på ovanvåning med markerade utrymningsvägar.

3.5 Ventilation

För att tavlor och annan konst ska förvaras i optimala förhållanden och inte slitas mer än nödvändigt är klimatet i museets lokaler mycket viktigt. Av den anledningen krävs ett komplext ventilationssystem där syrenivå, temperatur, luftfuktighet och luftomsättning mäts noggrant och hålls vid konstanta nivåer under hela dygnet. Ventilationen som är i byggnaden i dagsläget är till stor del gjord i samband med den ombyggnad som gjordes av museet 1998.²

Det finns fem stycken fläktrum på byggnadens understa plan, se Figur 2, och ett ventilationsschakt som går genom hela byggnaden, se Figur 2.

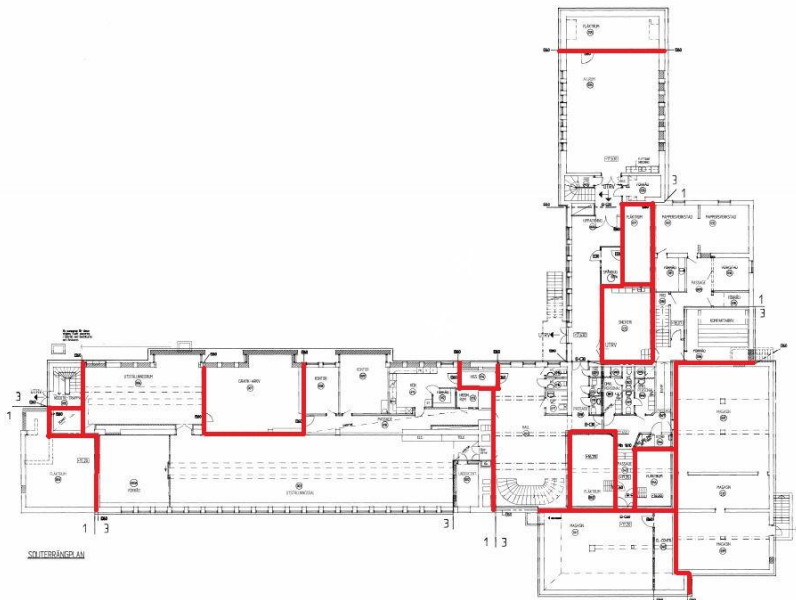
² Örjan Söderholm, museitekniker, muntlig källa, 2013-02-11

4. Befintligt brandskydd

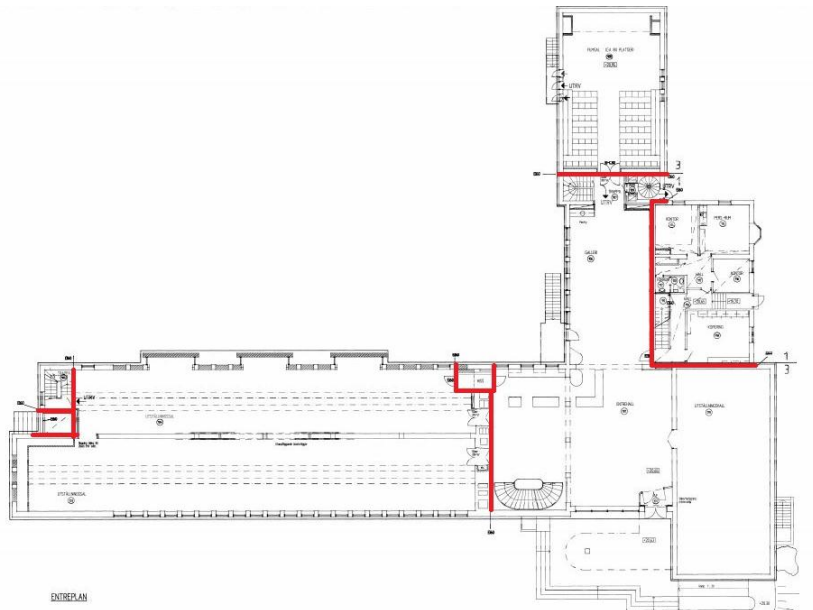
I följande kapitel beskrivs det befintliga brandskyddet i objektet och en jämförelse görs med vad som står i Boverkets byggregler. Nedanstående observationer kontrolleras mot de krav som ställs på nybyggnationer idag och inte de krav som gällde när objektet byggdes. Avslutningsvis redovisas även de brister gentemot BBR som uppmärksammats i byggnaden under besöket samt ett kort åtgärdsförslag för problemen. Samtliga krav och rekommendationer som nämns nedan utgår från Almgren, o.a (2012). Detta är en jämförelse och bristerna som observeras är inte automatisk i behov av åtgärder ur ett rättsligt perspektiv eftersom byggnaden uppfördes när andra regler tillämpades.

4.1 Brandcellsindelning

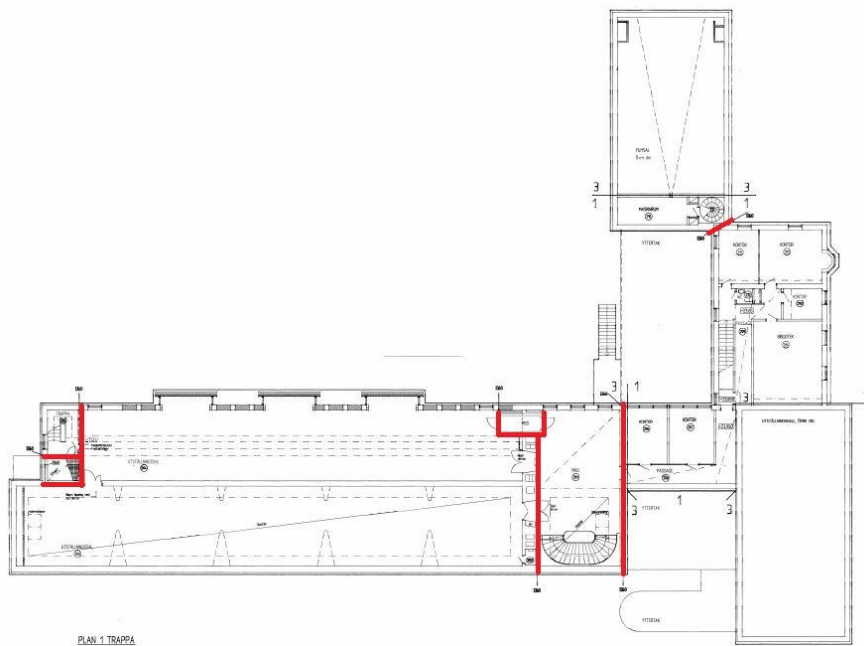
På Norrköpings Konstmuseum är hiss, ventilationsschakt samt alla fläktrum indelade i egna brandceller. I Figur 6-8 ses en översikt av alla brandcellsindelningar. På souterrängplan är brandcellerna uppdelade i grafikarkivet, magasinerna, Krumeluren, Galleri 6 samt verkstadsdelen. Entréplanet är byggt i tre brandceller som är Filmsalen, kontorsdelen samt Galleri 3-4. De öppna ytorna på entréplanet, som entrétrappan leder till i både souterrängplanet och ovanvåningen hör till samma brandcell som cafeterian och Galleri 5. Ovanvåningen har brandcellsgränser vid kontorsdelen, biblioteket, maskinrum samt Galleri 1-2. I ritningarna ses det att samtliga brandcellsgränser har klass EI60.



Figur 6. Översikt av brandcellsindelningen på souterrängplan.



Figur 7. Översikt av brandcellsindelningen på entréplan.



Figur 8. Översikt av brandcellsindelningen på ovanvåningen.

Utrymmen om fler än två plan, bortsett från schakt och trapphus bör inte innefattas av samma brandcell. Objektet har dock brandceller i tre plan där till exempel kapprum på souterrängplan, cafeteria på entréplan och utrymmet utanför Galleri 1 och 2 på ovanvåningen ingår. Det gör att objektet inte uppfyller rådet om brandceller i maximalt två plan.

En byggnad i byggnadsklass Br1 med en brandbelastning på under 800 MJ/m^2 , som objektet har, bör ha brandcellsavskiljande byggnadsdelar i brandteknisk klass EI60 vilket objektet uppfyller. Brandcellskrav på dörrar placerade i en EI60-gräns ska som grund ha egenskaperna EI60. Om den istället är placerad mot en utrymningsväg eller ansluter till en utrymningsväg ska den uppfylla kravet EI30. Detta uppfylls i byggnaden.

De kablar och sladdar som dras mellan olika brandcellsgränser har tätade genomföringar. Dock saknas skyltar i anslutning till packningarna med information om till exempel vem som har utfört tätningarna.

4.2 Dörrbeslag och dörrstängare

Dörrarna in till Galleri 1-4 samt 6 är försedda med automatiska dörrstängare som aktiveras vid detektion av brand. Även dörrarna in till Filmsalen samt mellan brandcellerna är utrustade med automatiska dörrstängare. Enligt BBR bör de automatiska dörrstängarna vara av lägst brandteknisk klass C1 och aktiveras vid brand. Byggnaden uppfyller dessa rekommendationer.

Dörrarna in till kontorsavdelningen är i regel låsta och används endast av personalen, som alla har blivit tilldelade nycklar. Enligt Boverkets byggregler får dörrar som endast går att öppna med hjälp av nycklar och som ska användas vid utrymning utnyttjas i utrymmen klassade som verksamhetsklass 1. Detta endast om det förväntas vara ett litet antal personer med tillgång till nycklar. Eftersom så är fallet anses byggnaden uppfylla kravet.

De flesta utrymningsvägarna är utrustade med vred som täcks av kåpor, vilket kan göra att dörrarna blir förhållandevis svårare att öppna vid utrymning. Det finns även så kallade SS-EN 179 dörrar som innebär att de har en nödöppningsanordning och är lättare att öppna. Dörrar med dubbelhandtag, se Figur 9, förekommer också men däremot är inga panikreglar installerade i byggnaden.



Figur 9. Bild på hur ett bryrhandtag på muséet ser ut.

4.3 Detektionssystem

Detektionssystemet i byggnaden består av rökdetektorer som är kopplade till byggnadens brandlarmscentral. Detektorerna är placerade i taket i alla rum. Om en detektor skulle aktiveras kopplas larmet direkt vidare till SOS eftersom det inte finns någon larmlagring installerad. Systemet är adresserbart vilket innebär att det lätt kan observeras vilken av detektorerna som har utlöst larmet då det lyser en röd lampa på den som indikerar fel. Systemet kontrolleras en gång i kvartalet och eventuella fel repareras därefter.³

³ Örjan Söderholm, museitekniker, muntlig källa, 2013-02-11

4.4 Släcksystem

Inget automatiskt släcksystem finns installerat i byggnaden i dagsläget, däremot finns handbrandsläckare innehållande skum eller kolsyra utplacerade i lokalerna. Det finns dock inga handbrandsläckare i gallerierna. Brandfiltar finns uppsatta i byggnaden.

4.5 Utrymningsvägar

Enligt BBR ska det, för nybyggnationer, finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar i utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt. För att utrymningsvägarna ska klassas som oberoende ska avståndet mellan dem överstiga fem meter och de får inte heller korsa gemensamt utrymme. Om en utrymningsväg blockeras av en brand skall den andra utrymningsvägen finnas på tillräckligt stort avstånd att utrymning kan ske genom denna. Kravet uppfylls på alla berörda platser i byggnaden utom i Galleri 5 och Krumeluren. Eftersom det är en relativt liten yta i Galleri 5 och högt till tak tar det lång tid till kritiska förhållanden. Därför anses det vara acceptabelt med endast en utrymningsväg. I Krumeluren är det inte acceptabelt med endast en utrymningsväg, vidare resonemang förs i kapitel 8.6.

En utrymningsväg bör ha en fri bredd på minst 90 centimeter och räcken eller liknande får inte uppta mer än 10 centimeter per sida. En fri bredd på 80 centimeter bör finnas i dörröppningar. Om utrymningsvägen beräknas användas av fler än 150 personer bör den ha en fri bredd om minst 1,2 meter och dörrblad får inte inkräkta mer än 5,0 centimeter på dörrbredden. Samtliga utrymningsvägar bör ha en total fri bredd på minst 1 meter per 150 personer och om en utrymningsväg blockeras bör de övriga uppfylla 1 meter per 300 personer.

På souterrängplanet finns två utrymningsvägar som leder direkt ut till det fria och de finns placerade i trapphus D samt utanför snickeriet i passagen mellan kapprummet och Krumeluren. Det finns även utrymningsvägar som leder in till andra brandceller, se Figur 3.

Entréplanet har sex stycken utrymningsvägar som är leder direkt ut till det fria vid en utrymning. Dessa finns vid huvudentrén, caféet, personalingången samt i Filmsalen, se Figur 4. Viktigt att observera är att utrymningsvägen i Filmsalen består utav tre stycken små dörrar med bredden 56 centimeter vardera, vilket innebär att exempelvis rullstolar inte kan ta sig ut genom dem. Det finns dock inga markeringar som ger en indikation på att de inte är tillräckligt breda för rullstolar. På entréplanet finns även utrymningsvägar som leder in till andra brandceller, se Figur 4.

Det finns inga utrymningsvägar på ovanvåningen som leder direkt ut till det fria. Istället finns det utrymningsvägar som leder in till annan brandcell samt trapporna, se Figur 5. Dessa kan sedan följas till de två nedre planen och därifrån kan utrymning ske till säker plats utomhus.

Alla dörrar som beräknas användas vid utrymning skall vara utåtgående i den riktning som utryms samt lätta att öppna och passera. De ska även vara lättidentifierade som utgångar. Om köbildning inte förväntas uppstå får inåtgående dörrar användas. Det är oklart om objektet uppfyller dessa krav då inte alla dörrar var möjliga att testöppna på grund av larm.

4.6 Utrymningsplats

Med utrymningsplats avses ett område, i eller i anslutning till en utrymningsväg, i intilliggande brandceller där personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga kan avvakta vidare utrymning. Det ska finnas möjlighet till tvåvägskommunikation på platsen.

Om personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga antas befinna sig i publika lokaler, exempelvis i samlingslokalerna, ska dessa utrustas med minst två oberoende utrymningsplatser. Undantag kan göras om det finns en utrymningsväg som i horisontellt plan leder till en säker plats. I det fallet behöver planet inte förses med några utrymningsplatser.

Objektet anses inte uppfylla de krav som ställs i BBR för nybyggnationer i dagsläget då inga utmärkta utrymningsplatser med tillhörande tvåvägskommunikation kunde observeras vid besöket.

4.7 Vägledande markering och nödbelysning

Enligt Boverkets byggregler ska det finnas vägledande markering för utrymning i samlingslokaler. Lokalerna ska även vara utrustade med både allmänbelysning och nödbelysning. I utrymningsvägar från samlingslokaler ska det finnas nödbelysning och likaså omedelbart utanför utgångar till det fria. Även trappor innefattar uppmaningen att nödbelysning ska vara installerad och belysningsstyrkan i utrymmet bör motsvara lägst fem lux.

I byggnaden finns vägledande markeringar uppsatta i samlingslokalerna och om mobila väggar installeras som täcker dessa sätts extramarkeringar upp som tydligt visar vägen till närmaste utrymningsväg. Nödbelysning finns i trapphus B men inte i utrymningsvägarna från samlingslokalerna vilket gör att objektet inte uppfyller kraven om det skulle byggas idag.

4.8 Utrymningslarm

Byggnaden har ett akustiskt utrymningslarm med siren och ett informativt meddelande i alla lokaler. Det informativa meddelandet innebär ett talande meddelande där personerna informeras om vad som har hänt och vad de förväntas göra. I maskinrummet, som ligger i anslutning till Filmsalen, finns även ett visuellt larm med blixtljus eftersom maskinoperatören ofta har hörlurar på sig. Det finns även blixtljus monterat på fasaden utanför personalingången, för att påvisa räddningstjänstens närmaste väg in till centralapparaten.

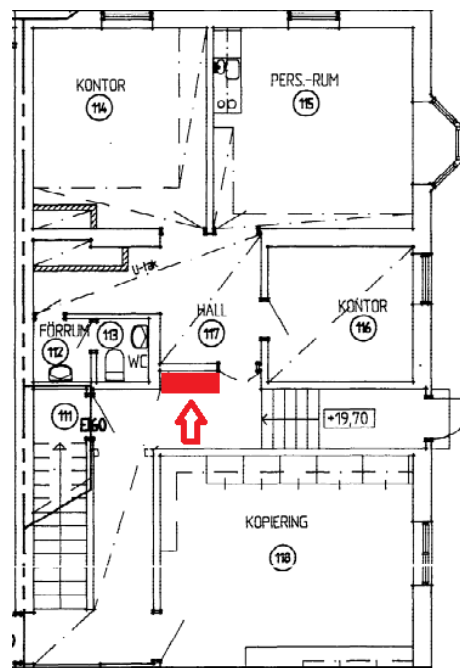
De rekommendationer som ges av Boverkets byggregler angående utrymningslarm uppfylls genom att det aktiveras automatiskt, via rökdetektorerna, samt att det finns knappar för manuell aktivering uppsatta i lokalerna.

4.9 Brandgasventilation och skydd mot brandgasspridning

I trapphus A, se Figur 2, finns två stycken rökluckor på 0,5 m² vardera, det finns även två lika stora luckor placerade i taket längst in i Galleri 1. Rökluckorna öppnas manuellt via knappar, se Figur 10, som finns placerade vid brandlarmscentralen. Brandlarmscentralen är belägen i personalavdelningen på entréplan, se Figur 11.



Figur 10. Visar de manuella knappar som används vid öppning av rökluckor i byggnaden.



Figur 11. Pilen visar placering av brandlarmscentral.

Vid brand är det tänkt att ventilationssystemet helt ska slås ifrån.⁴ Det görs genom att brandspjäll i ventilationskanalerna stängs då tillhörande detektionssystem detekterar. I rapporten antas ventilationssystemet fungera felfritt och att ingen brandgasspridning sker genom ventilationssystemet när brand har detekterats.

4.10 Ytskikt och beläggning på väggar, tak och golv

I utrymningsvägar skall ytskikten på väggar och tak utformas så att det ger ett litet bidrag till en eventuell brand. Golvbeläggningarna i utrymningsvägarna skall även de utformas så att materialet får en begränsad förmåga att sprida brand samt utveckla brandgaser.

4.11 Systematiskt brandskyddsarbete

Systematiskt brandskyddsarbete, SBA, bör bedrivas enligt Lagen om Skydd mot Olyckor (MSB 1, 2011). Det utförs på muséet och räddningstjänsten gör regelbundna tillsyner på objektet. Vid en eventuell brand finns fasta rutiner och ansvarsfördelningar för personalen. Dessa finns dokumenterade i muséets systematiska brandskyddsarbete, se Bilaga B.

4.12 Räddningstjänst

Räddningstjänsten Östra Götaland, i Norrköping, beräknas ha en inställetid på under tre minuter vid larm om brand på konstmuséet. De innehar en insatsplan för byggnaden samt nycklar till lokalerna. Räddningstjänsten har åkt på ett antal automatlarm på objektet men inga av dessa har varit bränder.⁵ Något som bör undersökas vidare är hur deras höjdfordon kan placeras för bästa resultat, i dagsläget är byggnaden utformad så att åtkomligheten är begränsad. Då det inte påverkar det som undersöks i rapporten görs ingen vidare utredning om detta.

⁴ Örjan Söderholm, museitekniker, muntlig källa, 2013-02-11

⁵ Brandmästare Thomas Wennström, Räddningstjänsten Östra Götaland, 2013-02-11

Muséet har idag en mycket god kommunikation med räddningstjänsten. När nya utställningar sätts upp eller förändringar i geometrin görs konsulteras först räddningstjänsten.⁶

4.13 Observerade brister i det befintliga brandskyddet

Nedan presenteras de brister som uppmärksammades med objektets brandskydd vid besöket. Det kommer belysas vad bristen innebär för utrymningen samt ges förslag på åtgärder som förbättrar brandskyddet i byggnaden.

Vid platsbesöket uppmärksammades det bland annat att vissa dörrar var försedda med kåpor, se Figur 12, vilket kan försvåra en eventuell utrymning. Det eftersom kåporna kan vara besvärliga att slå av och på så sätt förlänga den totala utrymningstiden för lokalen. Med anledning av det rekommenderas det att kåpor ej används på de dörrar som fungerar som utrymningsvägar. Istället rekommenderas det att dörrar med brythandtag, se Figur 9, används för att få en smidigare utrymning.



Figur 12. Exempel på hur kåporna på dörrarna ser ut.

Utrymningsvägen i trapphus D, utanför Krumeluren på souterrängplan, var delvis blockerad av att lös inredning var tillfälligt lagrad där, se Figur 13. Det innebär att dörrbredden blir begränsad samtidigt som att de staplade stolarna utgör en hög brandbelastning. Enligt Boverkets byggregler får det inte förekomma något brännbart material i en utrymningsväg eftersom denna ska betraktas som lika säker som det fria. Med avseende på det borde alla föremål som förvaras i utrymningsvägar flyttas till en mer lämplig plats för att uppnå de krav som ställs.

⁶ Brandmästare Thomas Wennström, Räddningstjänsten Östra Götaland, 2013-02-11



Figur 13. Exempel på hur lös inredning blockerar en del av utrymningsvägen.

Enligt Boverkets byggregler bör det finnas skyltar i samlingslokaler, eller förrum till dessa, som anger det maximalt tillåtna personantalet som får vistas i lokalen. Det är något som saknas på objektet vilket innebär att det kan vistas fler personer i utrymmet än vad brandskyddet är dimensionerat för och på så vis leda till en förlängd utrymningstid.

Då det kan vistas personer med nedsatt orienterings- eller rörelseförmåga i muséet bör det installeras utrymningsplatser. Det eftersom hissen inte får användas i händelse av brand och utrymning från ovanvåningen blir då ogenomförbar för dessa personer. På grund av det bör utrymningsplatser installeras i intilliggande brandcell tillsammans med knappar för tvåvägskommunikation så att räddningstjänsten kan bli informerade om att personer uppehålls där. I samband med att de uppförs bör även skyltar som visar utrymningsvägar för personer med nedsatt orienterings- eller rörelseförmåga sättas upp eftersom det idag är otydligt var dessa personer ska utrymma vid en eventuell brand.

I Galleri 5 är en duk uppsatt i taket, se Figur 14, och eftersom den blockerar brandgasens väg upp till rökdetektorerna i taket kan det leda till att detektionen av branden blir fördröjd. Med anledning av det rekommenderas ett annat detektionssystem i Galleri 5, exempelvis linjerökdetektorer. Det kan då säkerställa en snabbare detektion och utrymning än vad som kan uppnås i dagsläget.



Figur 14. Den uppsatta duken i Galleri 5.

Under besöket observerades det även att en av utrymningsskyltarna i Galleri 1 blinkade vilket innebär att lampan behöver bytas. Det rekommenderas att ha en rutin på byte av lampor i genomlysta skyltar, om det inte redan finns, eftersom de utgör en viktig del i utrymningen vid händelse av brand.

På toaletterna fanns inget blixtljus installerat. Eftersom personer med nedsatt hörsel förmåga kan befinna sig ensamma på toaletterna bör det installeras blixtljus som startar vid händelse av branddetektion för att uppmärksamma dem om att utrymning bör ske. Det eftersom det inte kan antas att de hör det talade meddelandet.

Något som även uppmärksammades under besöket var att brandsläckarna senast var besiktigade i mars 2011, se Figur 15. För att kunna säkerställa att de fungerar korrekt bör det finnas ett avtal om årlig besiktning (SVEBRA, 2001). Det för att underhållet av brandsläckarna inte skall försummas då det är viktigt att de fungerar felfritt eftersom de utgör en betydelsefull del vid släckning av uppkomna bränder.

Något som inte kunde kontrolleras vid besöket var om ventilationen fungerade som avsett samt om de automatiska dörrstängare som fanns uppsatta i byggnaden fungerade korrekt. Detta är dock något som är viktigt att kontrollera för att kunna säkerställa att de fungerar korrekt eftersom de utgör viktiga funktioner vid utrymning i händelse av brand.



Figur 15. Det senaste underhållet av brandsläckaren utfördes i mars 2011.

Observationer på objektet som skulle kunna leda till en försvärad utrymningsmöjlighet ses nedan.

- Utrymnen med endast en utrymningssväg
- Lokaler med låg takhöjd
- Brandcell i två eller fler våningsplan
- Barnverksamhet i Krumeluren
- Smala utrymningdörrar i Filmsalen
- Läktarproblematik i Filmsalen

4.14 Allmänna åtgärdsförslag

I nedanstående text presenteras de förslag till åtgärder som kan göras för att begränsa bristerna i objektets brandskydd. Förslagen är uppdelade i två kategorier, ska eller bör göras, där bör förslagen lämpligen tas i beaktande vid en renovering eller ombyggnation.

- Utrymningsvägar **ska** vara fria från lös inredning
 - Brandsläckare **ska** kontrolleras rutinmässigt
 - Automatisk stängning av brandcellsavskiljande dörrar **ska** kontrolleras rutinmässigt
 - Utrymningsskyltar **ska** ha fungerande lampor och belysning
-
- Kåpor **bör** bytas mot brythandtag
 - Blixtljus **bör** installeras på samtliga toaletter
 - Skyltar med maximalt tillåtet personantal **bör** sättas upp utanför samlingslokaler
 - Rökdetektorer i Galleri 5 **bör** bytas mot lämpligtvis linjerökdetektorer
 - Utrymningsvägar som kan användas av personer med nedsatt orienterings- eller rörelseförmåga **bör** särskilt markeras
 - Utrymningsplatser med tvåvägskommunikation **bör** finnas på ovanvåningen
 - God kommunikation med räddningstjänsten **bör** vidhållas, förslagsvis genom en del av det systematiska brandskyddsarbetet
 - De smala utrymningsvägarna i Filmsalen **bör** breddas för att personer med rörelsenedsättning också ska kunna använda dessa.

5. Teori gällande människor och utrymning

Eftersom denna analys har störst fokus på huruvida utrymningssäkerheten uppfylls på objektet är det passande att ge en kort teoretisk grundkunskap till läsaren angående hur denna bedöms.

Utrymning och hur människor reagerar och agerar vid brand är ett komplext fenomen. I följande kapitel redovisas de kritiska förhållanden som tillämpas i analysen, hur en människa beter sig vid olika stadier i utrymningen samt hur beräkningar av tid till utrymning görs.

5.1 Kritiska förhållanden

Om en brand uppkommer i en byggnad får förhållandena i lokalen inte försämrats till den grad att en säker utrymning inte kan genomföras. Eftersom olika personer är olika känsliga för brandgaser och värme brukar kritiska förhållanden bestämmas enligt vissa riktlinjer. Ett sätt att bestämma vilka gränsvärden som inte får uppnås i händelse av brand är genom att följa Boverkets kriterier för kritiska förhållanden. Boverket 2 (2011) vill att nedanstående gränser ska vara uppnådda där utrymning ska ske:

- Brandgaslagrets höjd
Vid analytisk dimensionering föreslår BBR att brandgaslagret som lägst bör befinna sig $1,6 + (0,1 \cdot \text{höjden på rummet})$ meter över golvet.
- Siktförhållanden
Om brandgaslagrets höjd är lägre än vad förra punkten föreslår, kan lösningen ändå vara godkänd enligt BBR. Förhållandet i rummet anses vara godtagbart om det kan påvisas att sikten genom brandgaslagret ej understiger tio meter, det vill säga en obskura, i okända lokaler. I de lokaler där det kan förutsättas att alla närvarande människor har god kunskap om hur byggnaden ser ut kan dock sikt ned till fem meter accepteras.
- Temperatur
Rumstemperaturen får inte överstiga 80 °C på den höjd där människor befinner sig.
- Värmestrålning
Värmeintensiteten får högst vara $2,5\text{ kW/m}^2$ eller maximalt 10 kW/m^2 under kortvarig exponering. Maximal acceptabel strålningsenergi är 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 .
- Toxicitet
Kolmonoxidkoncentrationen ska vara mindre än 2000 ppm. Koldioxidkoncentrationen ska understiga fem procent och syrgaskoncentrationen måste överstiga 15 procent.

I rapporten har främst kriterierna för temperatur, sikt, strålning och brandgaslagrets höjd undersökts. Utrymmade människor utsätts inte för toxiska brandgaser förrän personerna befinner sig över den kritiska höjden på brandgaslagret. Därför görs approximationen att kritiska toxiska nivåer uppnås samtidigt som brandgaserna når en kritisk höjd (Almgren, o.a., 2012).

Parametern strålningsdos har förenklats genom att slås samman med beräkning av strålningsintensiteten. Där en infallande strålningsintensitet på 10 kW/m^2 likställts med att strålningsdosen överstiger den kritiska nivån på mer än 60 kJ/m^2 . Detta antagande görs på grund av att strålningsdosen innefattar större osäkerheter vid beräkning än vad strålningsintensiteten gör.

5.2 Människors beteende vid brand

I detta avsnitt har fakta hämtats från Frantzich (2001) och Kobes, o.a (2010).

Hur människor reagerar vid uppkomst av brand beror på ett flertal olika omständigheter, dessa faktorer kan antingen vara personberoende, byggnadsberoende eller brandberoende.

Eftersom en utrymning för de flesta människor är något förhållandevis ovanligt beror utrymningsbeteendet till stor del på vilka signaler som ges av andra människor. Särskilt stor inverkan har personer i ledarpositioner, exempelvis chefen på kontoret, föreläsaren i undervisningssalen eller personalen i matbutiken. När någon i en ledarposition påbörjar en utrymning följer andra oftast efter i samma beteende. Andra personberoende faktorer som påverkar utrymningstiden är hur väl människorna känner till byggnaden, vart deras uppmärksamhet är riktad, deras förmåga att förflytta sig och deras grad av vakenhet. Personer som gjort en investering, exempelvis mat på restaurang eller köplats i matbutik, som kan förloras vid utrymning har större benägenhet att ta längre tid på sig att utrymma. Något som i de flesta fall gör att utrymningen påskyndas betydligt är om personerna på platsen kan uppfatta branden på något vis, till exempel genom att se, höra eller känna lukten av den.

Byggnadsberoende faktorer kan förslagsvis vara lokalernas orienterbarhet, vägledande markeringar, belysning, larm samt placering och utformning av utrymningsskyltar.

Med brandberoende faktorer menas hur mycket värme och brandgaser branden utvecklar och hur snabbt den utrymnande personen uppskattar att den utvecklas. Människor är dock i allmänhet förhållandevis dåliga på att uppskatta brandutveckling då bränder inte följer ett linjärt samband.

Oberoende av vilka faktorer som spelar in genomgår en person alltid följande tre processer under en utrymning:

- Varseblivning (förståelse och tolkning av situationen)
- Förberedelse för utrymning (tid från att brand uppmärksammas till det att utrymning påbörjas)
- Förflyttning (genomförande av utrymning)

Under dessa tre stadier fattas en mängd beslut som grundar sig på tidigare beskrivna person-, byggnads- eller brandberoende faktorer.

Varseblivningstid är den tid det tar från det att brand uppkommit i lokalerna tills dess att människor har förstått att något onormalt har inträffat. Den kan minskas med hjälp av ett bra detektionssystem och utrymningslarm. Varseblivningstiden försämras om branden är dold eller av andra anledningar inte gör sig till känna för de personer som befinner sig i den aktuella byggnaden, exempelvis kan personer med hörselnedsättning missa ett akustiskt larmdon.

Förberedelsetid är den tid människor tar på sig att samla information om händelsen och göra sig redo att påbörja en utrymning. Stadiet innefattar även beslut som att hjälpa andra att utrymma eller att göra ett försök att släcka branden själv. Under fasen är personer mycket påverkbara av tidigare nämnda faktorer, såsom lokalens utseende och andra människors beteende.

Förflyttningstid är den tid då de utrymnande individerna faktiskt utrymmer. Förflyttningstiden beror bland annat på förhållandet mellan antalet människor i lokalen och utrymningsvägarnas storlek samt placering. Även personernas förmåga att förflytta sig och eventuell krävd hjälp för att kunna utrymma påverkar tiden. Förflyttningstiden kan minskas med hjälp av bra belysning och väl utplacerade utrymningsskyltar.

5.3 Beräkning av utrymningstid

De tre stadier som beskrivs i föregående kapitel vävs i praktiken in i varandra och exempelvis görs tolkning av situationen normalt i flera omgångar under en utrymning, allt eftersom den utrymmande personen samlar på sig mer information. När utrymningsbeteendet istället överförs till teorin och modeller byggs upp brukar de tre faserna behandlas var för sig. Den totala tiden för utrymning består som tidigare nämnt av varseblivningstid, förberedelsestid och förflyttningstid. Den totala utrymningstiden måste understiga den tid som det tar tills att kritiska förhållanden uppnås i lokalen för att en utrymning ska kunna ske på ett tillfredsställande sätt, sambandet beskrivs nedan genom Ekvation 1 (Frantzich, 2001).

$$t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{förberedelse}} + t_{\text{förflyttning}} < t_{\text{kritisk}} \quad (\text{Ekvation 1})$$

Varseblivningstid är svår att bestämma men om det finns ett fungerande automatiskt brandlarm kan dess aktiveringstid beräknas utifrån en given brandtillväxt. Aktiveringstiden kan approximativt användas som varseblivningstid för personer i lokalen, även om vissa personer kanske redan sett branden innan den är detekterad medan andra sitter i delar byggnaden där larmet inte hörs (Frantzich, 2001).

Förberedelsestiden varierar stort mellan olika individer, Boverket (2011) har dock tagit fram förslag på förberedelsestider för olika verksamheter enligt Tabell 1.

Tabell 1. Föreslagna förberedelsestider (Boverket, 2011)

Verksamhet	Person ser branden	Förberedelsestid
Offentlig miljö, skola, kontor, varuhus, butik	Ja	1 minut
Varuhus, enkelt talat* meddelande	Nej	2 minuter
Varuhus, informativt* talat meddelande	Nej	1 minut
Mindre lokal med larm don i aktuell lokal; mindre biograf, butik, kyrka	Nej	1 minut

*Ett informativt meddelande beskriver den uppkomna händelsen med specifik information medan ett enkelt talat endast påpekar att människor ska utrymma. Det enkla meddelandet går fort men människor kan tycka att informationen är knapphändig och söker därför ytterligare information innan beslut om utrymning tas. Detta kan resultera i att utrymningen går långsammare eftersom förberedelsestiden blir längre.

Förflyttningstiden beror som sagt på hur fördelningen av människor ser ut i lokalen och deras förmåga att utrymma. För att beräkna förflyttningstider finns simuleringsprogram som exempelvis SIMULEX där personers varseblivningstid, förberedelsestid, fördelning och fysiska förmåga matas in tillsammans med en ritning på den aktuella byggnaden. Läs mer om programmet i Bilaga C.

6. Riskidentifiering

För att kunna bedöma brandskyddet på objektet krävs att de risker som existerar i verksamheten identifieras och undersöks. I rapporten görs detta med hjälp av en grovanalys som sammanfattas i en riskmatris där de mest riskfyllda scenarierna väljs ut för vidare analys.

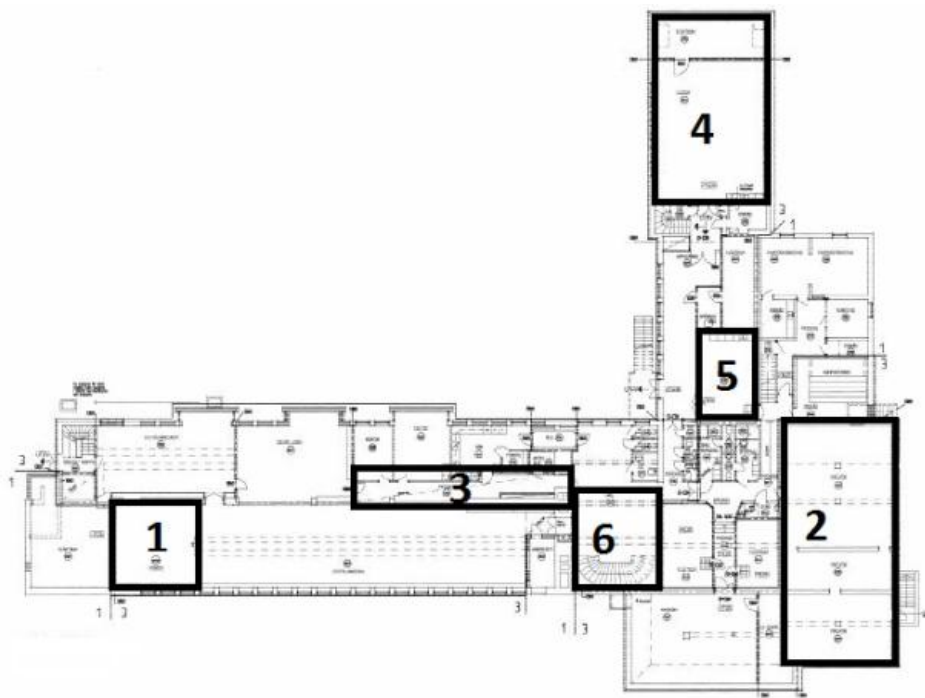
6.1 Grovanalys

Grovanalysen påbörjades genom ”brainstorming” för att ta fram de olika brandorsaker och brandförlopp som kan tänkas inträffa. Scenarierna som plockades fram är förhållandevis övergripande och innefattar olika typer av antändning och brandspridning.

Statistiken visar att de flesta bränder på museum, biografteater, teatrar och bibliotek i någon form är orsakade av människor, se Figur D 1. Med anledning av det anses sannolikheten vara högre om det är mycket människor som rör sig i lokalen. På samma sätt anses sannolikheten vara lägre om det är få människor som befinner sig i utrymmet. I byggnadens publika delar anses det vara ett större personantal än i de delar som endast personalen har tillträde till. En annan vanlig brandorsak är tekniskt fel, se Figur D 1. I de fall där det finns stora kvantiteter av elektriska produkter är sannolikheten högre för att en brand ska utbryta. På samma sätt anses sannolikheten vara lägre då mängden teknisk utrustning är begränsad i lokalen. Sannolikheten antas vara högre om lokalen är belägen nära entrén eftersom det är enkelt att anlägga en brand och sedan lämna byggnaden obemärkt. Om lokalen har många dolda utrymmen, där det kan vara lätt att anlägga en brand, antas sannolikheten också vara högre.

I rapporten bedöms konsekvensen öka ifall det finns mycket brännbart material i lokalen som skulle kunna göra att branden tillväxer och på så sätt försvåra förhållandena i lokalen och därmed utrymningen. På liknande sätt anses konsekvensen bli lägre om det finns begränsat med material som branden i startobjektet kan sprida sig till. Om utrymningsmöjligheterna är goda, det vill säga att det finns flera av varandra oberoende utrymningsvägar, anses konsekvensen minska. Detta eftersom besökarna inte begränsas av att alla använder samma dörr och därmed kan utrymningen ske smidigare eftersom risken för köbildningar minskar. Ifall utrymningsmöjligheterna är dåliga kommer en långsammare utrymning att ske och därmed kan besökarna komma att utsättas för kritiska förhållanden. I värderingen bedöms detta ge en högre konsekvens. Om många människor rör sig i lokalerna ökar risken för köbildning och därför antas konsekvensen öka av samma anledning som ovan. I de brandscenarier där ett stort antal människor kommer att påverkas av en eventuell brand antas konsekvensen vara högre. På samma sätt antas konsekvensen vara lägre ifall det endast är ett litet antal personer som blir påverkade av en brand.

Både konsekvens och sannolikhet bedöms enligt nivåerna; mycket låg, låg, medel, hög och mycket hög. Nedan följer en beskrivning av ett urval brandscenarier som skulle kunna vara relevanta och aktuella att undersöka vidare ur utrymningssynpunkt.



Figur 16. Scenariernas placering i souterrängplanet.

1. Brand i förråd intill Galleri 6

Förrådet som angränsar till Galleri 6 är fyllt med kartonger, pallar, bord och annat brännbart material vilket skulle kunna ge en betydande brandutveckling. Utrymmet ligger i samma brandcell som Galleri 6 och det är endast en tunn och olåst skjutsdörr som skiljer de två rummen åt. Om branden tillväxer i förrådet och brandgaserna sedan sprids ut i galleriet kan det ge problem vid utrymningen av galleriet. Eftersom brandbelastningen är stor och mycket brandgaser troligtvis kommer utvecklas har konsekvensen i detta scenario bedömts till hög. Närheten till de publika delarna gör förrådet lättillgängligt och därför bedöms det att sannolikheten för scenariot även den är hög.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Hög

Se Figur 16 för scenariots orientering i byggnaden.

2. Brand i magasin

Magasinen ligger på souterrängplanet. I magasinerna är tavlor och annat brännbart material lagrat i stora kvantiteter, vilket ger en hög brandbelastning. Det är lågt till tak och därför skulle brandgasfyllnad i utrymmet ske fort. I lokalerna finns dock inte särskilt många människor närvarande och det är endast personalen som har tillträde dit. Från många platser i magasinerna finns det bara en utrymningsväg och avståndet dit är långt, dock inom gränserna för BBRs rekommendation. Risken finns att en person blir överrumplad av det snabba brandförloppet och därmed blir instängd av branden. Med anledning av ovanstående punkten bedöms konsekvensen vara hög vid händelse av brand. Eftersom magasinet inte ligger i anknäring till de publika delarna bedöms sannolikheten för brand som låg eftersom endast behörig personal vistas i lokalen och oftast under korta stunder.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Hög

Se Figur 16 för scenariots orientering i byggnaden.

3. Brand i korridor utanför kontoren i källaren

Korridoren utanför kontoren i souterrängplan är smal och har lågt till tak. Brännbart material så som böcker och papper är staplade på båda sidor av korridoren och brandspridning förväntas ske snabbt. Endast personal har tillgång till utrymmet och dessa kan sitta inne på sina kontor då branden startar i korridoren och därför bli instängda. Den höga brandbelastningen och möjligheten att bli instängd gör att konsekvensen bedöms som hög. Det är få människor som rör sig i lokalen samtidigt som att det inte finns särskilt många troliga startobjekt för branden. Med anledning av det bedöms sannolikheten för att brand uppstår vara låg.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Hög

Se Figur 16 för scenariots orientering i byggnaden.

4. Brand i Krumeluren

Rummet Krumeluren fungerar som en slags kreativitetsverkstad där både barn och vuxna samlas för att pyssla och måla. Således finns det mycket brännbart material som teckningar, stafflier och stolar. Utrymmet är litet, cirka 2,7 meter i tak med bara en utrymningsväg. Med tanke på att fler än 30 personer kan vara i rummet, samtidigt som många av dessa är barn gör detta att utrymning kan bli ett problem. På grund av den stora mängden brännbart material, att det endast finns en utrymningsväg och den höga persontätheten bedöms konsekvensen till mycket hög. Som nämnt ovan kan det vara mycket personer i Krumeluren och då ökar sannolikheten för att en brand ska uppkomma. Utifrån det är sannolikheten bestämd till hög.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Mycket hög

Se Figur 16 för scenariots orientering i byggnaden.

5. Brand i någon av verkstäderna

I souterrängplanet finns ett snickeri innehållande färg- och limburkar tillsammans med trämaterial och elektronisk utrustning. Burkarna står utspridda och är inte förvarade i något brandklassat förvaringsskåp. Lokalen har lågt i tak och det finns brännbart material utmed alla väggar. I utrymmet vistas inte mycket personer samtidigt som att det finns två utrymningsvägar. Med anledning av det låga personantalet och de goda utrymningsmöjligheterna, samtidigt som det finns mycket brännbart material sätts konsekvensen till medel. Som tidigare nämnt finns både elektronisk utrustning samt färg- och limburkar i lokalen och dessa är troliga startobjekt för en brand. Utifrån det har sannolikheten bedömts vara hög.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Medel

Se Figur 16 för scenariots orientering i byggnaden.

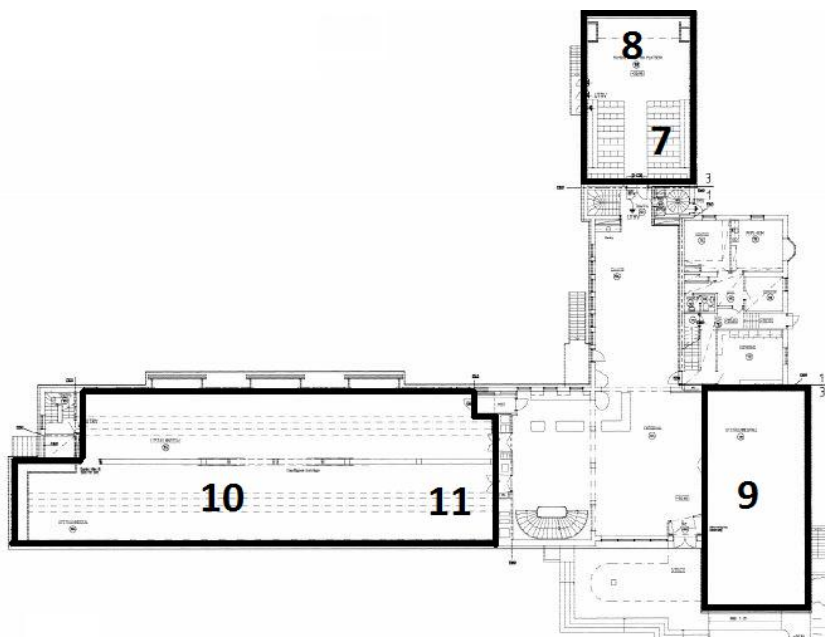
6. Brand i stora trapphuset

Om brand skulle uppstå i trapphus A skulle alla våningsplan beröras eftersom det inte finns någon avgränsning mellan planen, som alla ingår i samma brandcell. Det är dock högt till tak och det finns brandgasluckor installerade. Eftersom det är så högt till tak finns dock risken att brandgaser från en brand på souterrängplanet hinner svalna och stabiliseras i höjd med ett annat våningsplan. Om brandgaslagret exempelvis skulle stabilisera sig på entréplanet anses det dock inte försvåra utrymningen eftersom det finns många av varandra oberoende utrymningsvägar. Brandbelastning består i trapphuset främst av en souvenirshop på entréplan och en mindre garderob på souterrängplan. Utifrån de goda utrymningsmöjligheterna samt den låga brandbelastningen har konsekvensen bedömts tills medel. Störst sannolikhet för brand är det i garderoben på souterrängplanet eftersom där vistas många personer. Det finns även en del elektronisk utrustning i utrymmet och med anledning av det har sannolikheten bedömts vara hög.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Medel

Se Figur 16 för scenariots orientering i byggnaden.



Figur 17. Scenariernas placering i entréplanet.

7. Brand i Filmsalen, under läktaren

Filmsalen används inte i dagsläget men möjligheten finns att använda den och ifall extraplatser sätts in kan upp till 100 människor sitta i rummet samtidigt. Den bakre utrymningsvägen, som även är ingången till lokalen, är placerad mittemellan de två läktarna och den främre är placerad framför den vänstra läktaren. Den främre utrymningsvägen består av tre mycket smala dörrar där exempelvis rullstolar ej kommer igenom. Läktarna i Filmsalen är av metallstomme med stolar av metall, trä och tyg. Från sidan är läktarna beklädda med ett tygstycke. Om de plaststolar som är staplade under läktaren brinner kan utrymning genom den bakre utrymningsvägen försvåras. Konsekvensen av brand skulle bli mycket hög då många människor befinner sig i lokalen samtidigt som utrymningsvägarna är bristfälliga, speciellt för rullstolsburna personer. Sannolikheten för brand är hög eftersom många människor kan vistas

på den lilla ytan och brand oftast orsakas av människor, se Bilaga D. I dagsläget används inte Filmsalen i någon större utsträckning men bedömningen utgår från ett regelbundet användande.

Sannolikhet: Hög

Konsekvens: Mycket hög

Se Figur 17 för scenariots orientering i byggnaden.

8. Brand i Filmsalen, framme vid filmduken

Framme vid duken finns elektronisk utrustning samt ett stort skynke. Taket är beklätt i trä. Ett scenario är att branden startar i tygstycket och sedan sprider sig till närliggande trädetaljer.

Eftersom branden sker framför åskådarna bör dock varseblivningstiden vara kort. Sannolikhet och konsekvens bedöms ungefär på samma sätt som Scenario 7 men konsekvensen är något lägre då branden inte kommer att blockera någon av utrymningsvägarna.

Sannolikhet: Medel

Konsekvens: Hög

Se Figur 17 för scenariots orientering i byggnaden.

9. Brand i Galleri 5

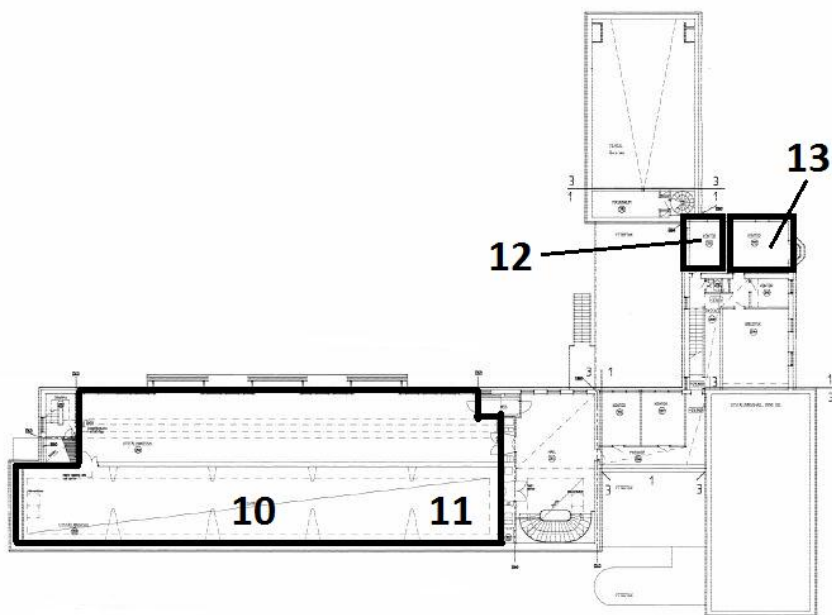
Galleri 5 ligger i entréplanet, alldeles intill den stora ingången till byggnaden. Galleriet är visserligen det minsta i byggnaden men det finns bara en utrymningsväg. Det finns inte heller mycket brandbelastning i utrymmet. Problemet med scenariot skulle kunna vara en brand vid utrymningsvägen vilket skulle försvåra utrymning eftersom människorna inte kan utrymma genom flammen. Att det finns lite brandbelastning, utrymningsmöjligheterna är dåliga och att det skulle kunna befinna sig mycket personer i utrymmet bedöms konsekvensen vara hög.

Lokalen är belägen när entrén vilket kan öka sannolikheten för en anlagd brand. Det finns dock inga specifika startobjekt för en brand och det gör att sannolikheten bedöms till medel även fast det kan vara ett högt personantal i lokalen.

Sannolikhet: Medel

Konsekvens: Hög

Se Figur 17 för scenariots orientering i byggnaden.



Figur 18. Scenariernas placering på ovanvåning.

10. Brand i ett av de stora gallerierna (1-4) - brand i vägg/tavla

I gallerierna finns ingen hög brandbelastning då där endast finns tavlor och provisoriska väggar av trä. Risken för brandspridning mellan tavlor eller väggar kan inte betraktas som hög på grund av det stora avståndet mellan dem. Det finns två utrymningsvägar i vardera galleri och de är belägna på var sin sida av utrymmet. Konsekvensen bedöms utifrån den låga brandbelastningen och de goda utrymningsmöjligheterna vara låg. Det finns inte många troliga startobjekt i lokalen bortsett från enstaka elektriska produkter vilket gör att även sannolikheten bedöms vara låg.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Låg

Se Figur 17 och Figur 18 för scenariots orientering i byggnaden.

11. Brand i ett av de stora gallerierna (1-4) - anlagd brand i ekgolvet

I gallerierna är brandbelastningen liten då det endast finns provisoriska väggar samt tavlor som är uppsatta med stora mellanrum. I samtliga gallerierna finns två utrymningsvägar belägna på var sin sida av lokalen vilket ger goda utrymningsmöjligheter. Om golvet skulle börja brinna antas spridning inte ske särskilt fort vilket motverkar att personer blir instängda av branden. Även om en utrymningsväg skulle bli blockerad av branden kan personerna utrymma säkert genom den andra dörren. Sammantaget gör detta att konsekvensen bedöms vara låg. Risken för anlagd brand finns dock och då kan bränsle komma utifrån. Sannolikheten för en anlagd brand på andra eller tredje våningen borde vara lägre än för gallerierna närmre ingången. Detta eftersom risken för att bli påkommen antas öka med distansen och tiden personen med bränslet förflyttar sig. Sannolikheten att en brand skulle uppstå i något av galleriernas golv bedöms dock vara låg eftersom det inte finns några troliga scenarier bortsett från anlagd brand.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Låg

Se Figur 17 och Figur 18 för scenariots orientering i byggnaden.

12. Brand i kontor

I kontoren finns mycket brännbart material i form av papper och pärmar och där vistas bara enstaka personer. Till närmaste utrymningsväg är det aldrig långt vilket tillsammans med det låga personantalet ger en låg konsekvens trots att brandbelastningen är relativt hög. I kontoret finns såväl datorer som lysrör som båda är troliga startobjekt för en brand. Med anledning av det samt den låga persontätheten bedöms sannolikheten vara medel.

Sannolikhet: Medel

Konsekvens: Låg

Se Figur 18 för scenariots orientering i byggnaden.

13. Brand i personalkök

En brand i exempelvis personalköket är ett möjligt scenario men inte särskilt troligt då de har timer på elektrisk utrustning, inte lagar mat särskilt ofta och att brandbelastningen är låg. Om brand ändå uppkommer i utrymmet kommer inte konsekvensen bli särskilt stor då det inte befinner sig särskilt många personer i kontorsdelen. De som befinner sig där har även god kunskap om utrymningsvägar och hur de ska agera vid brand. Både sannolikhet och konsekvens bestäms genom detta resonemang till låg.

Sannolikhet: Låg

Konsekvens: Låg

Se Figur 17 och Figur 18 för scenariots orientering i byggnaden

6.2 Riskmatris

För att få en bättre överblick över beskrivna brandscenarier, redovisas de i matrisform i Tabell 2. Risken är lägst längst ned i det vänstra hörnet och högst i det övre högra hörnet.

Tabell 2. Riskmatris över framtagna brandscenarier. Hög sannolikhet och konsekvens ger tillsammans en hög risk.

	Mycket hög					
	Hög		5,6	1	4,7	
Sannolikhet	Medel	12		8,9		
	Låg	10,11,13		2,3		
	Mycket låg					
		Mycket låg	Låg	Medel	Hög	Mycket hög
		Konsekvens				

Ur matrisen är det tre scenarier som sticker ut med både stor sannolikhet och konsekvens, Scenario 1 - brand i förråd intill Galleri 6, 4 - brand i Krumeluren och 7- brand i Filmsalen, under läktaren. I den fortsatta delen av rapporten är det dessa tre scenarier som kommer att analyseras, scenarierna kommer i fortsättningen kallas Scenario A, B och C. Se Tabell 3.

Tabell 3. Benämning av de scenarier som väljs ut för vidare analys.

Gammal beteckning		Ny beteckning
Scenario 1: Brand i förråd intill Galleri 6	→	Scenario A
Scenario 4: Brand i Krumeluren	→	Scenario B
Scenario 7: Brand i Filmsalen, under läktaren	→	Scenario C

7. Scenario A – Förrådet vid Galleri 6

Detta kapitel börjar med en utförligare beskrivning av Scenario A. Efter beskrivningen redovisas resultatet av utrymningssimuleringar med hjälp av programmet SIMULEX, se Bilaga C, och @RISK, se Bilaga F. Med detta som bakgrund definieras en α^2 -brand för simulering i tvåzonsmodellen CFAST, se Bilaga G, och en sammanfattning av dess resultat framställs som tid till kritiska förhållanden. Efter det kontrolleras den totala utrymningstiden gentemot tiden till kritiska förhållanden. Slutligen läggs några möjliga åtgärdsförslag fram för hur brandskyddet i lokalen skulle kunna förbättras.

7.1 Detaljerad beskrivning

På souterrängplanet ligger Galleri 6 som ansluter till ett förråd där branden i Scenario A är placerad. Tyngden i analysen kommer ligga vid att utrymning från Galleri 6 går att genomföra på ett säkert sätt.

Brandrummet är 43 m² och brännbart material är staplat över stora delar av golvytan. Branden kan orsakas av ett tekniskt fel eller av en person med intention att starta en brand, se Bilaga D. Materialet i rummet ses som ett bränslepaket på grund av hur föremålen är staplade. Bränslepaketet består av allt ifrån träpallar till elektronisk utrustning, se Figur 19.

Ventilationssystemet antas fungera som avsett under brandförloppet, se avsnitt 4.9.

I förrådet finns mycket material av cellulosa och plast som avger mycket sot när det brinner. Därför antas en snabb detektering kunna ske av rökdetektorn som är placerad i taket, se Figur 20.

På grund av att det endast finns ett bränslepaket i förrådet görs inga beräkningar för brandspridning. Brandens tillväxt och maximala effektutveckling beskrivs närmre i kapitel 7.3. Eftersom ventilationen stängs av kommer branden endast få nytt syre genom naturlig ventilation. Det innebär att branden till sist kommer begränsas av syretillgången i rummet och därmed bli ventilationskontrollerad. Dock är det endast relevant att beräkna detta om utrymningen inte är genomförd innan branden blir ventilationskontrollerad, se Bilaga E.

Galleriet kan tänkas underhålla upp till 43 besökare åt gången och de antas vara jämnt utspridda i lokalen. Populationen beskrivs utförligare i kapitel 7.2 och Bilaga C.

Som visat i Figur 6 finns två utrymningsvägar från Galleri 6, en av dem ligger på motsatt sida gentemot förrådet och den andra ligger precis vid sidan om ingången till förrådet.



Figur 19. Visar bränslepaketet i förrådet.



Figur 20. Visar detektorn i förrådet.

7.2 Tid till utrymning i Galleri 6

Den totala tiden för utrymning är som redan nämnts i kapitel 5.3 summan av varseblivnings-, förberedelse- och förflyttningstiden. I kommande avsnitt beräknas den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall för Scenario A för en vald fördelning på utrymmande museibesökare, se Bilaga F. Maximala antalet besökare väljs till 43 stycken eftersom persontätheten som kan förväntas på ett museum är 0,25 personer/m² (Boverket, 2011) och arean i Galleri 6 beräknas med hjälp av ritningarna till 170 m², vilket tillsammans ger maxantalet 43 personer.

7.2.1 Varseblivningstid

I FDS har detektionstiden beräknas genom att sätta in en rökdetektor i taket i förrådet där branden startar, se Bilaga H. Detektorn aktiveras efter åtta sekunder, se Tabell H 1, och eftersom både en snabbare och långsammare detektering kan förväntas väljs en triangelfördelning, minimivärdet sju sekunder, toppvärdet åtta sekunder och maximivärdet 20 sekunder, för att beskriva varseblivningstiden.

7.2.2 Förberedelsetid

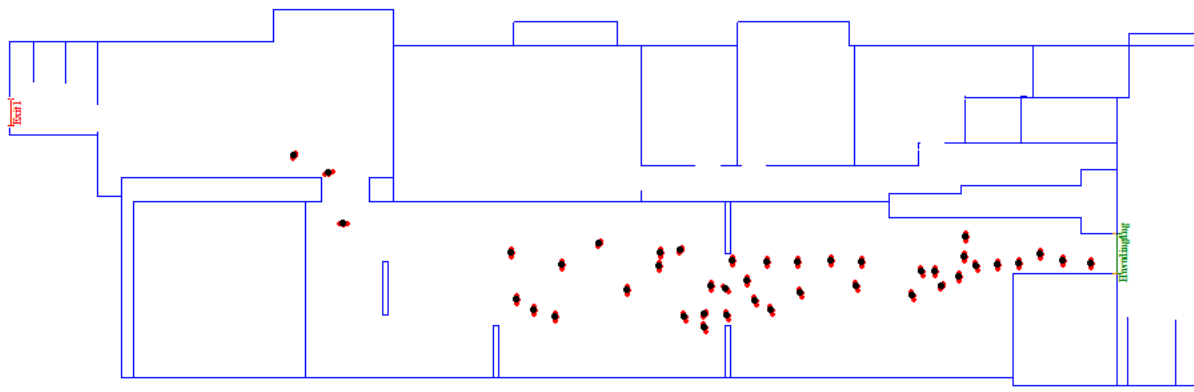
Enligt BBR kan förberedelsetiden antas vara 60 sekunder i lokalen eftersom det talade utrymningslarmet är informativt, se Tabell 1. Något som har noterats i studier med talat utrymningsmeddelande är att människor har en tendens att stanna kvar på sin plats och lyssna klart på meddelandet innan de börjar röra sig mot utgångarna. Ett talat meddelande brukar vara omkring 15 – 17 sekunder långt.⁷ Eftersom de utrymmande människorna befinner sig i ett konstgalleri när larmet ljuder görs antagandet att de inte kommer kräva en så lång förberedelsetid som BBR föreslår. De utrymmande personerna har troligtvis inga saker med sig in i galleriet som de behöver samla ihop innan de kan påbörja en utrymning, detta eftersom de troligtvis har hängt av sig sina ytterkläder i kapprummet. Besökarna har inte heller investerat sin tid i något eftersom inträdet är gratis (Norrköpings Konstmuseum 2, 2013), läs mer om detta i avsnitt 5.2, och antas därför ha större benägenhet att påbörja en utrymning snabbare. Enligt Frantzich (2001) tenderar vissa människor att se sig omkring när ett brandlarm startar för att se hur andra människor reagerar. Beteendet har sin grund i att folk är rädda för att göra bort sig inför främmande människor och vågar därför inte ta första steget och påbörja en utrymning innan någon annan också visar sig redo. Utifrån detta anses en förberedelsetid på 35 sekunder vara rimlig i galleriet, då hinner besökarna lyssna klart på meddelandet samtidigt som de kan studera de andra besökarnas beteende. Ur denna information väljs därför en triangelfördelning att beskriva förberedelsetiden. Maximivärdet sätts till 60 sekunder utifrån Boverkets rekommendation eftersom lokalen är liten och minimivärdet till 20 sekunder då antagandet görs att de första personerna börjar röra på sig strax efter att det talade meddelandet är slut. Triangelfördelningens toppvärde väljs till 35 sekunder utifrån ovanstående resonemang.

7.2.3 Förflyttningstid

Utifrån den framtagna statistiken av museibesökare, se Tabell C 1, har andelen persontyper varierats för att få en fördelning på besökarna, även det totala antalet besökare har varierats. För att få ytterligare information om hur fördelningarna har tagits fram se Bilaga C. De olika fördelningarna och simulerade förflyttningstiderna visas i Tabell C 3. Genom simuleringarna i SIMULEX och @RISK, har en fördelning på förflyttningstiden valts som normalfördelad med medelvärdet 43 sekunder och standardavvikelsen sju sekunder, se Figur F 1.

I Figur 21 ses hur besökarna utrymmer galleriet enligt SIMULEX. Figuren visar att utrymningen sker utan direkta köbildningar.

⁷ Erik Sävmark, brandkonsult, telefonsamtal, 2013-04-10



Figur 21. Utrymning ur Galleri 6 i programmet SIMULEX vid åtta sekunder.

7.2.4 Total utrymningstid

I Tabell 4 visas medelvärdet av den totala utrymningstiden för museibesökarna, med ett 95 % - konfidensintervall blir den totala utrymningstiden 116 sekunder, se Figur F 2. Detta betyder att med 95 procents säkerhet kommer samtliga museibesökare att utrymma Galleri 6 inom 116 sekunder.

Tabell 4. Genomsnittliga tider för utrymning av Galleri 6 samt den totala utrymningstiden med ett 95 % - konfidensintervall.

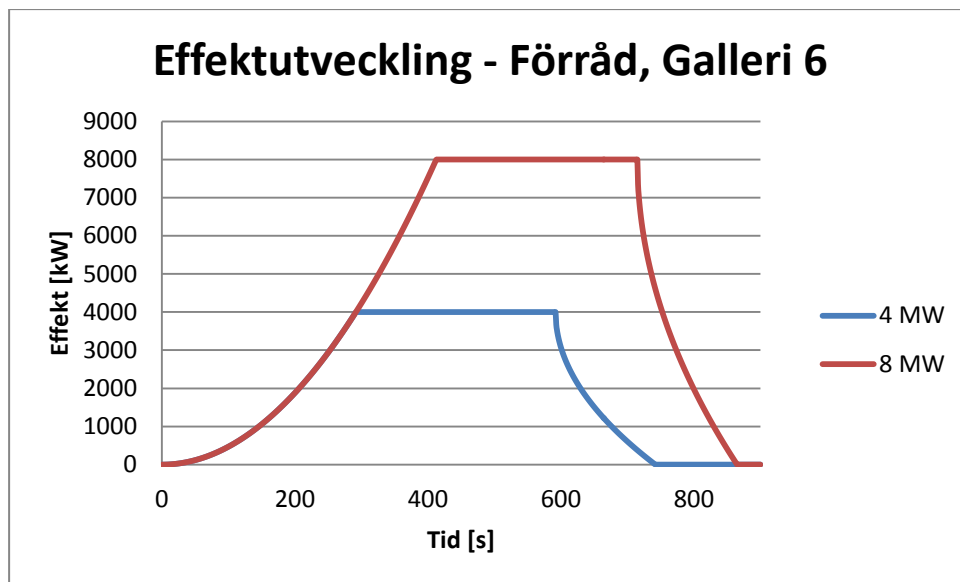
Galleri 6	
Genomsnittlig varseblivningstid [s]	12
Genomsnittlig förberedelsestid [s]	38
Genomsnittlig förflyttningstid [s]	43
Genomsnittlig total utrymningstid [s]	93
95 % -konfidensintervall på utrymningstiden [s]	116

7.3 Effektutveckling vid fritt brandförlopp-CFAST

För simulering i CFAST placeras branden i hörnet närmast galleriet, det görs delvis eftersom sannolikheten för brand är högre i närheten av de platser där personer vistas. En annan anledning till placeringen är att branden inte ska befinna sig precis under rökdetektorn, placerad i taket av förrådets mitt, och bidra till en snabb detektering som inte ger konservativa resultat. Rökdetektorerna som placeras ut i CFAST agerar egentligen som värmedetektorer utan termisk tröghet, men då dessa ofta ger orimliga resultat kommer detektionstiden även beräknas i FDS.

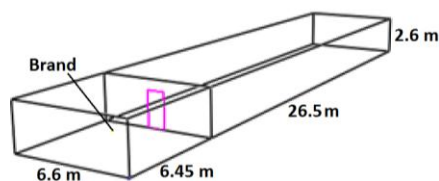
Bränslet i Scenario A anses bestå till stor del av trä som har en snabb tillväxthastighet, $\alpha=0,047 \text{ kW/s}^2$ (Karlsson & Quintiere, 2000). Mängden bränsle och därigenom brandens maxeffekt är i scenariot svår att uppskatta, för att lösa problemet undersöks två värden. Det första värdet som undersöks grundar sig i en uppskattning gjord på plats för en rimlig maxeffekt, denna sattes till 4 MW. Det andra värdet är ett konservativt antaget värde som branden i verkligheten inte bör uppnå med tanke på den lilla syretillgången i rummet, detta värde väljs till 8 MW. men det görs enligt principen att dels ta fram ett värde som bedöms rimligt, $\dot{q}_{max} = 4 \text{ MW}$, samt en värstafall-modell där $\dot{q}_{max} = 8 \text{ MW}$. Variationen i

effektutveckling fyller sitt syfte genom att fungera som en känslighetsanalys. Exakt hur stor effekten kan bli beror i detta scenario till stor del på tillgången av syre eftersom den naturliga ventilationen i utrymmet är begränsad. Branden hålls sedan konstant i 300 sekunder och antas sedan avta ned till 0 kW under 150 sekunder, se Figur 22. Hur branden ser ut efter att kritiska förhållanden har inträffat spelar för resultatet i denna rapport egentligen ingen större roll då rapporten belyser utrymning och den bör vara genomförd vid denna tidpunkt.

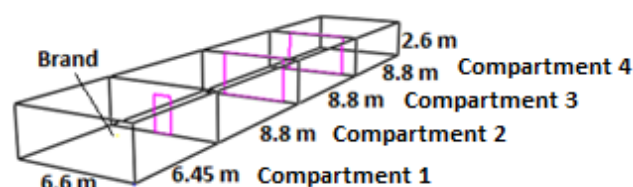


Figur 22. Indata för effektutvecklingen av två olika bränder i Scenario A.

I simuleringen i CFAST inkluderades förrådet samt Galleri 6. Mellan förrådet och galleriet finns en skjutdörr som är en meter bred och två meter hög. Eftersom galleriet har en dimension som frångår acceptabla värden för programmet, se Bilaga G, är dimensionernas värden en viktig del att undersöka. För att göra detta ställdes galleriet i en av simuleringarna in med kommandot "Corridor" vilket är ett specialfall för att ge mer realistiska resultat för avlånga rum, se Figur 23. För att göra en känslighetsanalys görs dock ytterligare simuleringar genom att dela upp galleriet i tre stycken mindre rum, dessa rum har en öppning som är 4 meter bred och 2,6 meter hög emellan sig, se Figur 24. Dessa rumavskiljningar kan även tänkas symbolisera de mobila väggar som är uppförda i galleriet. På detta sätt kan ett värsta fall erhållas genom att undersöka vilka förhållanden branden ger upphov till i det närmast belägna rummet.



Figur 23. Galleri uppförd som korridor.



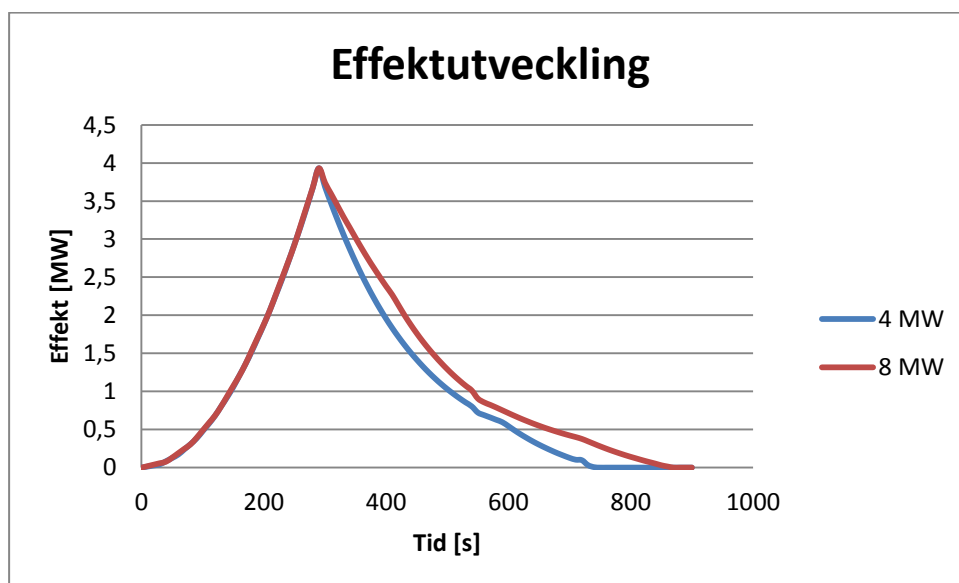
Figur 24. Galleri uppförd likt flera rum.

För att undersöka hur förhållandena skulle förändras om branden tillåts tillväxa inne i förrådet innan dörren in till galleriet öppnades genomfördes även simulering då dörrarna öppnas vid 180 sekunder. Detta gjordes för att se om det är värre att låta mycket varma brandgaser välla ut på en gång eller att en mindre mängd varma brandgaser sipprar ut under en längre tid. Att vänta i tre minuter gjordes för

att få en ordentlig uppbyggnad av brandgaslagret inne i förrådet för att kontrollera fenomenet, men har egentligen inget inverkan på utrymningen då den enligt avsnitt 7.2.4 redan är gjord. Det anses inte påverka utrymningstiden avsevärt eftersom detektorn i förrådet kommer aktivera lika fort i både fallet med öppen och stängd dörr. Människorna blir då informerade om branden i ett tidigt skede och kan på så sätt påbörja sin utrymning, därför anses den totala utrymningstiden vara liknande den i fallet med öppen dörr.

7.3.1 Effektutveckling vid ventilationskontrollerat brandförlopp

Handberäkningar redovisade i Bilaga E visar på att branden i förrådet kommer att bli ventilationskontrollerad. För att undersöka hur stor den faktiska brandtillväxten blir, med tanke på tillgången till syre, vid olika maximala effektutvecklingar gjordes en simulering i CFAST av en brand på 4 MW och en brand på 8 MW. Resultatet återfinns i Figur 25 och pekar på att syrenivån i rummet inte tillåter en brand på över 4 MW vid den givna tillväxthastigheten. Det gör att 4 MW i fortsättningen ses som den reella maximala effekten. Intressant att påpeka är att Figur 25 indikerar på att ingen stabil fas kommer existera, detta på grund av att inflödet av luft genom förrådsdörren är för lågt för att kunna uppehålla en brand, se beräkningar för ventilation i Bilaga E.



Figur 25. Effektutvecklingen av två bränder med olika maxeffekter.

7.4 Tid till kritiska förhållanden

Eftersom branden i detta scenario inte är placerad där människor vistas anses strålningen från flammen inte vara den faktor som avgör när kritiska förhållanden uppstår. Inte heller strålning från brandgaslagret anses vara betydande i detta fall då brandgaserna är förhållandevis svala ute i galleriet. De parametrar som avgör när kritiska förhållanden sker bör därför vara brandgaslagrets höjd eller temperatur. Utdrag från simuleringar i CFAST som redovisas utförligare i Bilaga G sammanfattas i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Tid till kritiska förhållanden för olika delar av Galleri 6 avseende brandgaslagrets höjd och temperatur vid simulering i CFAST.

Program		Brandgaslagrets höjd, 1,86 meter [s]	Temperatur, 80 °C [s]	Vidare simulering i FDS
CFAST	Compartment 1:	100	125	Endast detektion
CFAST	Compartment 2-3:	120	160	Endast detektion

Tid till kritiska förhållanden i uppställningen ”flera rum” används i utrymnet närmast brandrummet, compartment 1, i den övriga delen används tiden för uppställningen ”Korridor”. Det görs för att få en konservativ bedömning då tid till brandgasfyllnad är kortast för de respektive delarna i de olika uppställningarna.

I CFAST undersöktes även detektionstiden genom att förenkla en rökdetektor till en värmedetektor eftersom programmet inte kan hantera rökdetektorer. Resultatet av denna förenkling anses dock mycket osäkert, ytterligare simulering görs därför av förrådet i FDS för att ta reda på när detektion kan väntas ske, se Tabell H 1.

7.5 Säkerhetsmarginal

I Tabell 6 nedan presenteras säkerhetsmarginalen för Galleri 6. Det tydliggörs att en säker utrymning kan genomföras i lokalen innan kritiska förhållanden uppstår vilket innebär att åtgärder ej behöver vidtas. Eftersom gjorda antaganden är konservativa, samtidigt som de kritiska förhållanden är konservativt bestämda blir säkerhetsmarginalen för en säker utrymning med stor sannolikhet större än redovisat resultat. På grund av det anses det vara säkert att utrymma lokalen även fast säkerhetsmarginalen inte är särskilt stor. Dock ges rekommendationer till åtgärder i kapitel 7.6 om ansvariga vill förbättra brandskyddet ytterligare.

Tabell 6. Säkerhetsmarginalen för utrymning i Galleri 6.

	Kritisk tid	Utrymningstid	Säkerhetsmarginal
Tid [s]	120	116	+4

7.6 Åtgärder

I Galleri 6 utrymmer personerna lokalen på kortare tid än vad det tar för branden att ge kritiska förhållanden i utrymmet. Dock är inte säkerhetsmarginalen så stor som önskat utan ger ett värde som gränsar till oacceptabla förhållanden. Utifrån det ges rekommendationer till åtgärder som alltid gäller.

- Kåpor på dörrar bör bytas mot brythandtag
- Det bör inte förvaras den mängd inventarier i närheten av publika lokaler. Förrådet bör vara avskilt med en tät dörr som endast behöriga har tillträde till

Vid fler än 43 personer i galleriet, exempelvis vid vernissage

- Brandvakter med släckutrustning ska finnas i lokalen

Risken för att människor ska utsättas för kritiska förhållanden i utrymmet kan minimeras med åtgärder som att byta ut kåpor på dörrar mot brythandtag, se Figur 9. Det bidrar till att dörrarna blir lättare att öppna och således blir också förflyttningstiden reducerad och därmed även utrymningstiden. Något som även kan tas i beaktande är om det är lämpligt att förvara den mängd inventarier som görs i förrådet i närheten av publika lokaler. Om de förvaras på en plats som inte angränsar till en samlingslokal kommer en brand i inventarierna inte att påverka människornas utrymning på samma sätt. Vid tillfällen då det vistas fler än 43 personer i lokalen ska brandvakter finnas på plats för att kunna upptäcka en eventuell brand i tidigt skede. Dessa brandvakter ska vara försedda med släckutrustning. Om dessa åtgärder vidtas blir säkerhetsmarginalen större för utrymmet och utrymning kan ske under ännu säkrare förhållanden.

8. Scenario B – Krumeluren

Kapitlet börjar med en utförligare beskrivning av Scenario B. Efter beskrivningen redovisas resultatet av utrymningssimuleringar med hjälp av programmen SIMULEX och @RISK, se Bilaga C respektive F. Med det som bakgrund definieras en α^2 -brand för simulering i CFAST och FDS, se Bilaga G respektive H. En sammanfattning av dess resultat framställs som tid till kritiska förhållanden. Efter det kontrolleras den totala utrymningstiden gentemot tiden till kritiska förhållanden. Förslag på möjliga åtgärder tas fram och simuleras, därefter undersöks säkerhetsmarginalen för åtgärderna.

8.1 Detaljerad beskrivning

På souterrängplanet planet ligger Krumeluren som används som ett kreativitetsrum för både barn och vuxna. Verksamheten som bedrivs i rummet är delvis skild från muséets övriga verksamhet, det vill säga att de vanliga museibesökarna vistas inte i lokalen. Brandscenario B startar i en soffa som är placerad direkt till vänster om ingången till Krumeluren, soffan ses i Figur 26. Fokus för scenariot kommer ligga på att utrymning från Krumeluren kan ske på ett säkert sätt.

Rummet är ungefär 92 m² stort och innehåller förutom den stora soffan även; stafflier, papper, färg och trä möbler, se Figur 27. Branden kan orsakas av ett tekniskt fel, oförsiktighet vid hantering av eld eller av en person med intention att starta brand, se Bilaga D. Ingen brandspridning förväntas ske från soffan innan övertändning av rummet eftersom soffhörnan är ett separat bränslepaket.

Ventilationssystemet antas fungera som avsett under brandförloppet, se avsnitt 4.9.

Detektionsmöjligheterna är goda i Krumeluren där bränslet polyuretan som soffan består av sotar mycket. Figur 28 visar en rökdetektor som sitter mitt i rummet.

Branden beskrivs mer detaljerat i kapitel 8.3. Eftersom ventilationen stängs av kommer branden endast få nytt syre genom naturlig ventilation. Det innebär precis som i Scenario A att branden till sist kommer begränsas av syretillgången och därmed bli ventilationskontrollerad, se kontrollberäkningar i Bilaga E.

I Krumeluren kan det uppskattas att maximalt 46 personer vistas samtidigt, se kapitel 8.2. Besökarna antas vara jämnt fördelade i lokalen och populationen beskrivs i Tabell C 4. Antagandet görs att det främst är låg- och mellanstadieelever som vistas tillsammans med enstaka vuxna personer i lokalen. Detta antagande grundar sig i att det anses vara mindre tänkbart att ta med förskolebarn till ett konstmuseum för att måla då samma utrustning finns på förskolorna. Förskolebarn anses även vara för små för att tas med på studiebesök. Det finns endast en utrymningsväg från Krumeluren, samma som används som ingång, se Figur 3.



Figur 26. Startobjekt i Krumeluren.



Figur 27. Inventarier i Krumeluren.



Figur 28. Detektorn i Krumeluren.

8.2 Tid till utrymning i Krumeluren

Som beskrivet i avsnitt 5.3 beräknas utrymningstiden genom att ta summan av varseblivnings-, förberedelse- och förflyttningstiden. I följande avsnitt beräknas den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall för Scenario B för en vald fördelning på utrymmande besökare, se Bilaga F. Eftersom lokalen främst används som ett kreativt rum för barn antas lokalen klassas som ett klassrum, persontätheten dimensioneras i så fall till 0,5 personer/m² (Boverket, 2011). Arean i Krumeluren beräknas med hjälp av ritningarna till 92 m² vilket tillsammans med persontätheten ger rummets maxpersonantal på 46 stycken. Vid objektbesöket observerades att lokalens enda in- och utgång var delvis blockerad av ett staffli och därför undersöks två olika scenarier; ifall dörren är delvis blockerad och ifall det är helt fritt.

8.2.1 Varseblivningstid

Genom att placera en rökdetektor i mitten av taket i FDS-simuleringen av soffbranden i Krumeluren har detektionstiden tagits fram. Detektorn aktiveras efter nio sekunder i rummet, se Tabell H 1, eftersom det är tänkbart att både en snabbare och långsammare detektering kan ske i rummet väljs en triangelfördelning, minimivärdet åtta sekunder, toppvärdet nio sekunder och maximivärdet 20 sekunder, för att beskriva varseblivningstiden. Efter 20 sekunder antas branden ha tillväxt så pass mycket att besökarna i lokalen borde märka av den, antingen via lukt eller sikt även om detektorn inte skulle fungera. Det är inte troligt att detektorn i det verkliga fallet skulle ge en betydligt snabbare detektering än den i FDS-simuleringen.

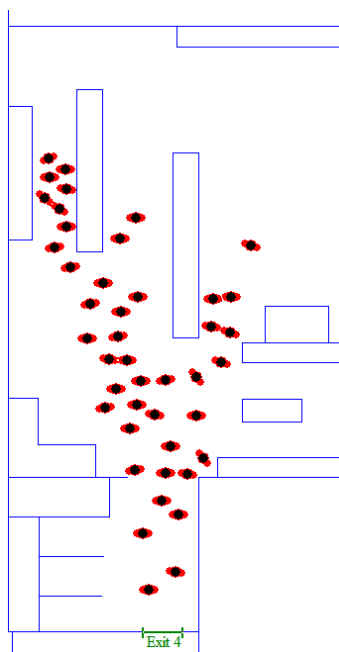
8.2.2 Förberedelsetid

Enligt Boverket kan förberedelsetiden antas vara 60 sekunder eftersom det är ett informativt talat meddelande som finns i byggnaden, se Tabell 1. En rysk studie enligt Kholshchevnikov, o.a (2012) visar att förberedelsetiden som behövs för att göra förskolebarn redo vid en utrymning i genomsnitt är 36 sekunder. Vid beräkningen av förberedelsetiden väljs en uniformfördelning, med minimivärdet 36 sekunder och maximivärdet 60 sekunder.

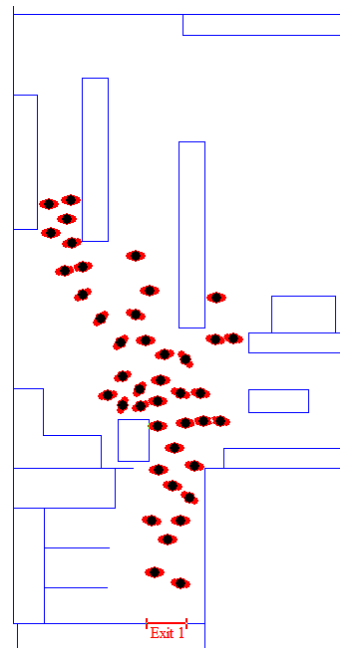
8.2.3 Förflyttningstid

Utifrån att personerna som vistas i Krumeluren ska tillhöra en skolklass har andelarna persontyper varierats för att få en verklighetstrogen fördelning på besökarna, det totala antalet personer i rummet har också varierats. De olika fördelningarna visas i Tabell C 4 och C 5, i samma bilaga finns även mer information om hur förflyttningstiden har beräknats. Genom simuleringarna i SIMULEX och @RISK har den mest passande fördelningen på förflyttningstiden valts för vardera scenario. Då dörren är helt fri väljs en normalfördelning med medelvärdet 27 sekunder och standardavvikelsen tre sekunder, se Figur F 3, för att beskriva förflyttningstiden. Då dörren är delvis blockerad väljs också en normalfördelning fast med medelvärdet 30 sekunder och standardavvikelsen fyra sekunder, se Figur F 4.

I Figur 29 illustreras SIMULEX-utrymningen ur Krumeluren då dörren är helt fri. Figuren visar att köbildning uppstår på ett fåtal platser i lokalen. Figur 30 åskådliggör utrymningen i Krumeluren då dörren är delvis blockerad, det framgår att köbildning uppstår där inventarier är placerade framför dörren.



Figur 29. Utrymning ur Krumeluren i programmet SIMULEX vid tolv sekunder.



Figur 30. Utrymning ur Krumeluren med delvis blockerad dörr i programmet SIMULEX vid nio sekunder.

8.2.4 Total utrymningstid

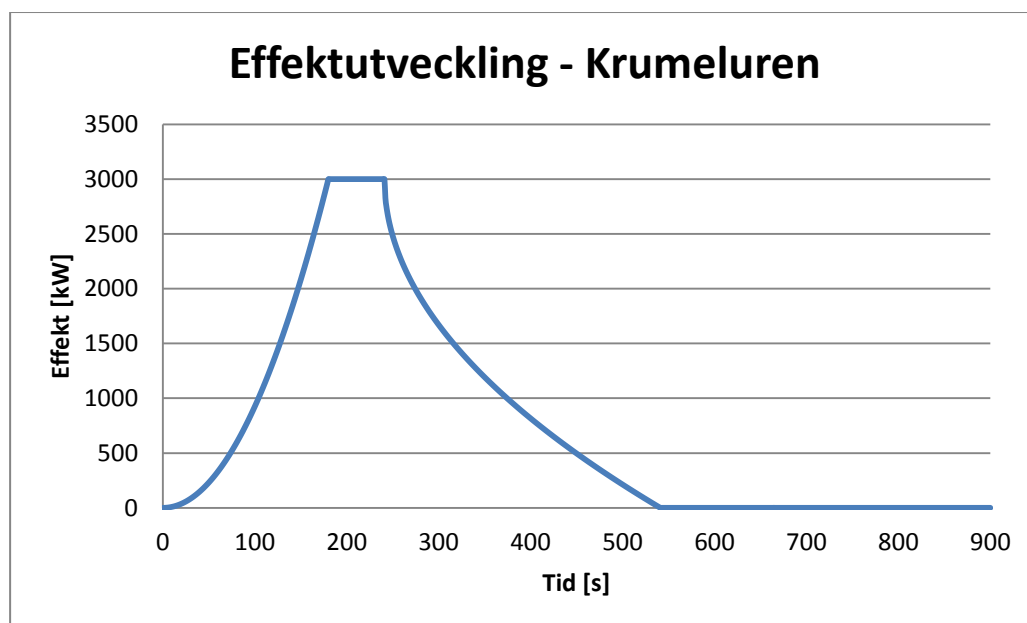
I Tabell 7 visas medelvärdet av den totala utrymningstiden för besökarna i Krumeluren, med ett 95 % -konfidensintervall blir den totala utrymningstiden 103 sekunder, se Figur F 5, ifall dörren inte är blockerad och 106 sekunder, se Figur F 6, ifall den är delvis blockerad. Detta betyder att med 95 procents sannolikhet kommer alla personer att kunna utrymma säkert inom 103 sekunder om utrymningsvägen är fri och 106 sekunder om utrymningsvägen är delvis blockerad.

Tabell 7. Tider för utrymning i Krumeluren samt den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall.

	Helt fri	Delvis blockerad
Genomsnittlig varseblivningstid [s]	12	12
Genomsnittlig förberedelsestid [s]	48	48
Genomsnittlig förflyttningstid [s]	27	30
Genomsnittlig total utrymningstid [s]	87	90
95 % -konfidensintervall på utrymningstiden [s]	103	106

8.3 Effektutveckling vid fritt brandförlopp

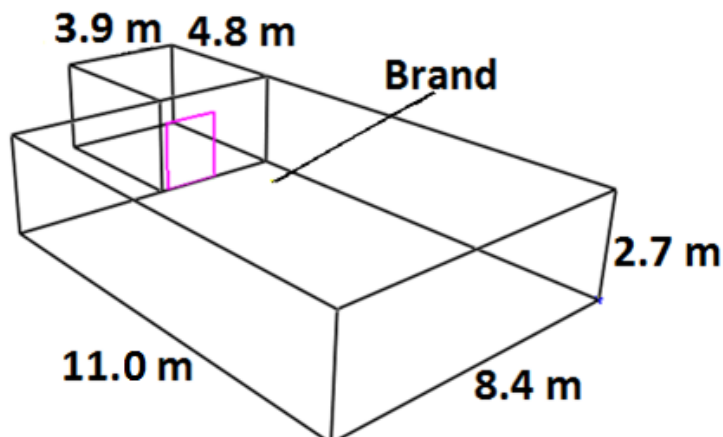
Branden i Scenario B består av en stor soffa som står vid sidan om utrymningsvägen. Med detta som utgångspunkt har en effektutveckling tagits fram med experiment Y5.4/21 från Särddqvist (1993) som underlag. Maxeffekten för soffan i experimentet är 3000 kW och dess α -värde $\approx 0,093 \text{ kW/s}^2$. Efter att branden nått maxeffekt hålls denna konstant i 60 sekunder för att sedan successivt avta ned till 0 kW efter ytterligare 300 sekunder, se Figur 31.



Figur 31. Indata för effektutvecklingen i Scenario B.

I CFAST-simuleringen inkluderades Krumeluren samt en del av det angränsande trapphuset, mellan dessa rum finns en dörr på 1,7·2 meter (b·h), se Figur 32. Resultaten för Krumeluren bör ge tillförlitliga värden då rummets dimensioner ligger innanför acceptanskriterierna för CFAST. En

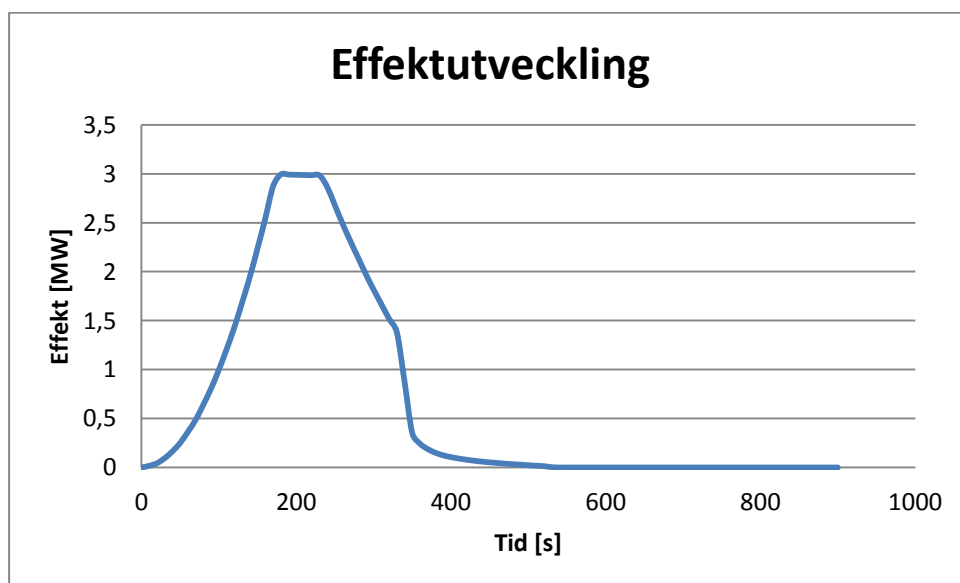
detektor har placerats på samma ställe i simuleringen som den är placerad i verkligheten, i taket i mitten av rummet.



Figur 32. Krumeluren med del av intilliggande trapphus.

8.3.1 Effektutveckling vid ventilationskontrollerat brandförlopp

Enligt beräkningar i Bilaga E är sannolikheten stor att branden blir ventilationskontrollerad. Utifrån Scenario B valdes indata till CFAST enligt beskrivning i avsnitt 8.3. Effektutvecklingen får dock en något annorlunda utveckling än vad som ansattes på grund av att syret i rummet inte helt räcker till. Resultatet av effektutvecklingens utseende i CFAST redovisas i Figur 33.



Figur 33. Effektutveckling för branden i Krumeluren.

I FDS blir branden aldrig ventilationskontrollerad utan när den har nått sin maxeffekt på 3000 kW fortsätter den brinna med en konstant effekt. Brandförloppet har alltså ingen avsvalningsfas som åskådliggörs på samma sätt som i CFAST. Det behöver dock inte utredas vidare vad som händer under avsvalningsfasen eftersom personerna i lokalen redan har utrymt när den fasen påbörjas.

8.4 Tid till kritiska förhållanden

Branden som är placerad i Krumeluren utövar en strålningsintensitet av så hög grad att personer inte kan vistas inom ett avstånd av tre meter från branden, se Bilaga E. Detta gör att det kommer bli problem att använda utrymningsvägen. Tid till kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd och rumstemperatur finns i Tabell 8. Utförligare resultat av CFAST-simuleringarna finns i Bilaga G.

Tabell 8. Tid till kritisk höjd på brandgaslagret och kritisk rumstemperatur vid simulering i CFAST.

Program	Brandgaslagrets höjd, 1,87 meter [s]	Temperatur, 80°C [s]	Vidare simulering i FDS
CFAST	55	65	Ja

Eftersom brandgasfyllnad enligt tvåzonsmodellen sker så pass snabbt och det är svårt att få bra överblick över hur rummets förhållande ändras över tid gör kompletterande simuleringar i FDS.

I Tabell 9 redovisas resultatet gällande tid till kritiska förhållanden i Krumeluren vid simulering i FDS. De faktorer som uppnår kritiska förhållanden först är brandgaslagrets höjd samt sikten och de når det efter cirka 25 sekunder. Se Bilaga H för vidare information gällande FDS. Anledningen att resultaten skiljer sig åt är att simuleringsmodellerna är uppbyggda av olika förenklingar, se Bilaga G och H för mer information gällande teorierna om programmen.

Tabell 9. Tid till kritiska förhållanden i Krumeluren vid simulering i FDS.

Program	Brandgaslagrets höjd, 1,87 meter [s]	Sikt, 1 obscura [s]	Temperatur, 80°C [s]	Strålning, 10 kW/m ² [s]
FDS	23	25	50	41

8.5 Säkerhetsmarginal

I Tabell 10 redovisas säkerhetsmarginalen i Krumeluren med avseende på om utrymningsdörren är delvis blockerad eller helt fri. Eftersom marginalen är negativ innebär det att utrymning ej kan garanteras ske under säkra förhållanden. Med anledning av det ges därför förslag på åtgärder som leder till att en utrymning kan ske under säkra förhållanden i kapitel 8.6.

Tabell 10. Säkerhetsmarginalen i Krumeluren.

	Kritisk tid [s]	Utrymningstid [s]	Säkerhetsmarginal [s]
FDS, delvis blockerad	23	107	-84
CFAST, delvis blockerad	55	107	-52
FDS, ej blockerad	23	103	-80
CFAST, ej blockerad	55	103	-48

8.6 Åtgärder

Utrymningstiden i Krumeluren är längre än tiden till kritiska förhållanden vilket innebär att åtgärder ska vidtas för att en säker utrymning ska kunna säkerställas. Två olika åtgärdsförslag är presenterade nedan.

- En ny utrymningsväg ska byggas
- Alla stafflier ska förvaras i brandklassade skåp när de inte används
- Alla papper ska förvaras i brandklassade skåp
- Soffan ska behandlas med flamskyddsmedel

eller

- Flytta verksamheten till en mer lämplig lokal

Något som direkt ska åtgärdas för att få lov att vistas i lokalen mer än tillfälligt är att en ny utrymningsväg måste byggas. Det eftersom det ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar, med minst fem meters avstånd, i lokaler som används under en längre tid enligt Boverkets byggregler, se kapitel 4.5. Kravet gäller dock för ny- eller ombyggnation men eftersom det är en väsentlig del för utrymningen anses det vara en anledning till att åtgärda det. Om en extra utrymningsväg uppförs leder det också till att brandens placering inte längre spelar lika stor roll. Det eftersom det finns två olika vägar att välja att utrymma genom och att en brand skulle blockera båda är osannolikt. Om en dörr direkt ut till det fria uppförs bidrar det även till att utrymningstiden förkortas. Det är även viktigt att se till att inga utrymningsvägar är blockerade av inventarier då det kan leda till att utrymningstiden blir längre än tiden till kritiska förhållanden. Om så sker kan det inte längre garanteras en säker utrymning ur lokalen.

Något som också måste åtgärdas är att byta ut alla befintliga skåp till brandklassade skåp om de ska kunna vara kvar i lokalen. Alla stafflier ska placeras och förvaras i dessa skåp när de inte används. Detta eftersom stafflierna i dagsläget är tätt placerade i rummet och därför utgör en stor brandbelastning vid händelse av brand. Med anledningen av att en stor brand snabbt ger kritiska förhållanden i lokalen bör möjligheterna till uppkomst av stora bränder minimeras så gott det går, vilket görs genom att förvara stafflierna i brandklassade skåp. Av samma anledning ska även alla papper som i nuläget är fritt staplade placeras i brandklassade skåp. Viktigt att tänka på är också att inte stapla bord eller stolar när de inte används, då de med en sådan placering utgör en stor brandfara.

Om soffan ska kunna vara kvar i utrymmet måste den behandlas med flamskyddsmedel. Det innebär att risken för antändning reduceras samtidigt som att rökutveckling och brandspridning minskar vid en eventuell brand. Det bör tilläggas att denna rapport inte kan fastställa exakt hur stor påverkan kommer bli av att flamskyddsbehandla inventarier. Det rekommenderas därför att ytterligare utredningar görs gällande det.

Om ovanstående förslag inte känns genomförbara finns ytterligare ett lösningsförslag som innebär att flytta verksamheten till en mer lämplig lokal. Det betyder att den verksamhet som bedrivs i utrymmet idag inte kan fortsätta där. Det eftersom den kräver en lokal med högre i tak och två utrymningsdörrar för att klara de krav som ställs för att kunna genomföra en säker utrymning. Det rekommenderas dock att en ny brandteknisk riskvärdering görs på det nya utrymmet. Det för att kunna säkerställa att verksamheten kan bedrivas där och att en säker utrymning ska kunna ske.

8.6.1 Brandscenario efter åtgärder

Det värsta troliga brandscenarioet i Krumeluren efter genomförda åtgärder, se Bilaga I gällande brand i skåp, är att en brand startar i något av de möblemang som finns i lokalen. I det nya scenariot antas det att en brand startar i en stol som är placerad någonstans i rummet. Brandens maximala effekt antas vara 80 kW, branden når sitt max efter cirka 180 sekunder vilket ger α -värdet $0,0025 \text{ kW/s}^2$, värdena är framtagna från försök Y5.2/53 i Initial Fires av Stefan Särdaqvist (1993).

8.6.2 Tid till utrymning efter åtgärder

I följande avsnitt kommer den totala utrymningstiden efter åtgärder att beräknas i Krumeluren.

8.6.2.1 Varseblivningstid

I FDS-simuleringen av scenariot placerades en rökdetektor i takets mitt, i simuleringen aktiverar den efter ungefär 14 sekunder, se Tabell H 1. Det är däremot tänkbart att rökdetektorn kan göra en snabbare eller långsammare detektering än vad som visades i FDS-simuleringen. Därför väljs varseblivningstiden att beskrivas med en triangelfördelning; minimivärdet tio sekunder, toppvärdet 14 sekunder och maximivärdet 21 sekunder.

8.6.2.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden antas likt tidigare, se avsnitt 8.2.2, förklaras med en uniformfördelning; minimivärdet 36 sekunder och maximivärdet 60 sekunder.

8.6.2.3 Förflyttningstid

Det värsta tänkbara scenariot med stolsbranden är att den är belägen på ett sådant ställe att branden blockerar en av utrymningsvägarna, samtliga besökare måste i så fall utrymma genom samma dörr. Utifrån det antagandet anses SIMULEX-simuleringarna från avsnitt 8.2.3 vara representativa för att beskriva förflyttningstiden i Krumeluren även i detta scenario. Se Bilaga C för ytterligare information. Förflyttningstiden antas ha en normalfördelning med medelvärdet 27 sekunder och standardavvikelsen fyra sekunder, se Figur F 3.

8.6.2.4 Total utrymningstid

I Tabell 11 visas medelvärdet samt ett 95 % -konfidensintervall för den totala utrymningstiden för personerna i lokalen efter åtgärder. Med ett 95 % -konfidensintervall blir den sammanlagda utrymningstiden i Krumeluren 105 sekunder, se Figur F 8. Vilket innebär att med 95 procents sannolikhet kommer besökarna i lokalen att kunna utrymma säkert inom 105 sekunder.

Tabell 11. Genomsnittliga tider för utrymning i Krumeluren samt den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall.

Krumeluren	
Genomsnittlig varseblivningstid [s]	15
Genomsnittlig förberedelsetid [s]	48
Genomsnittlig förflyttningstid [s]	27
Genomsnittlig total utrymningstid [s]	90
95 % -konfidensintervall på utrymningstiden [s]	105

8.6.3 Tid till kritiska förhållanden efter åtgärder

Efter att åtgärder har vidtagits resulterar det i nya tider innan kritiska förhållanden nås. Resultatet för dessa tider presenteras i Tabell 12 där det syns att brandgaslagrets höjd når kritiska förhållanden fortast. Eftersom branden inte är placerad i närheten av någon utrymningsväg kommer strålningen inte att påverka utrymningstiden. Med anledning av det har inga värden uppmätts för strålningen.

Tabell 12. Tid till kritiska förhållanden i Krumeluren efter åtgärder.

Program	Brandgaslagrets höjd, 1,87 meter [s]	Sikt, 1 obscura [s]	Temperatur, 80°C [s]	Strålning, 10 kW/m ² [s]
FDS	130	200	.*	.**

* Det går inte att utläsa ett rimligt resultat ur simuleringen, se Figur H7 för mer information.

** Ej uppmätt då det inte påverkar utrymningen.

8.6.4 Säkerhetsmarginal efter åtgärder

Om åtgärderna som är nämnda i kapitel 8.6 vidtas kommer den värsta troliga branden i utrymmet att vara placerad i de stolar eller bord som står uppställda. Resultatet för en brand i dessa inventarier redovisas i form av säkerhetsmarginal i Tabell 13 nedan. Eftersom de antaganden som gjorts i samband med simuleringen samt att kriterierna för kritiska förhållanden är konservativa innebär det att säkerhetsmarginalen troligtvis är större än den presenterade siffran. Med anledning av det antas utrymning kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen.

Tabell 13. Säkerhetsmarginalen i Krumeluren efter åtgärder.

	Kritisk tid	Utrymningstid	Säkerhetsmarginal
Tid [s]	130	105	+25

9. Scenario C – Filmsalen

Detta kapitel börjar med en utförlig beskrivning av Scenario C. Efter beskrivningen redovisas resultatet av utrymningssimuleringar med hjälp av programmet SIMULEX, se Bilaga C, och @RISK, se Bilaga F. Med detta som bakgrund definieras en α^2 -brand för simulering i CFAST, se Bilaga G, och FDS, se Bilaga H. En sammanfattning av resultaten framställs som tid till kritiska förhållanden. Efter detta kontrolleras den totala utrymningstiden mot tiden till kritiska förhållanden. Förslag på möjliga åtgärder tas fram och simuleras och säkerhetsmarginalen för åtgärderna undersöks.

9.1 Detaljerad beskrivning

På entréplan ligger Filmsalen som är en liten biosalong där film relaterad till utställningar kan visas. Filmvisning hålls för tillfället i en annan byggnad, men eftersom lokalen finns kvar och är fullt funktionell är det rimligt att den kan komma att tas i bruk igen. Rummet har två läktare, en på vardera sida om ingången, se Figur 34. Under varje läktare finns möjlighet till förvaring. Brandscenario C startar i plaststolar som är staplade under den högra läktaren. Fokus för scenariot kommer ligga på att utrymning från Filmsalen kan ske på ett tillfredsställande sätt.

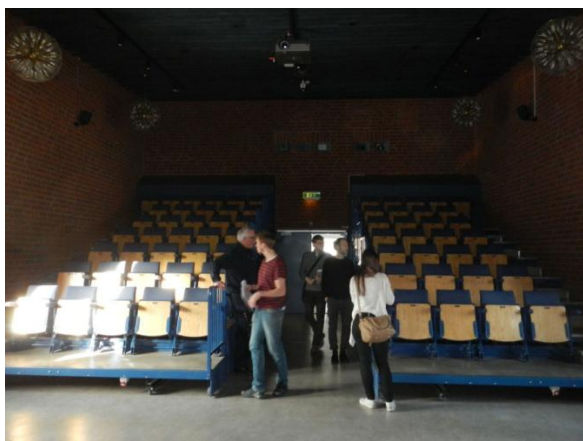
Rummet är ungefär 111 m² stort, under läktarna förvaras bland annat plaststolar och en soffa, se Figur 35. Branden kan i detta scenario exempelvis orsakas av en person med intention att starta en brand. Ingen brandspridning förväntas ske från utrymnet under läktaren innan kritiska förhållanden uppnås.

Ventilationssystemet antas fungera som avsett under brandförloppet, se avsnitt 4.9.

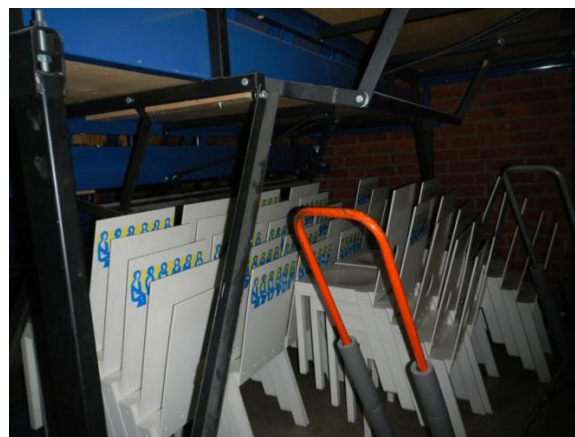
Detektionsmöjligheterna är inte optimala i Filmsalen då rökdetektorn i rummet är placerad i takets mitt och branden är placerad under läktaren. Detta gör att detektionen kommer att fördröjas eftersom läktaren kommer förhindra brandgasernas väg upp till taket.

Branden beskrivs i kapitel 9.3. Eftersom ventilationen stängs av kommer branden endast få nytt syre genom naturlig ventilation. Det innebär att branden till sist kommer begränsas av syretillgången och bli ventilationskontrollerad. Eftersom Filmsalen är stor med högt till tak kan syret i rummet underhålla en relativt stor brand i förhållande till Scenario A och B. Se handberäkningar i Bilaga E för kontroll av syretillgången.

Det kan vistas upp till 100 personer i Filmsalen vid varje filmvisning. Det finns 65 sittplatser på läktarna och 35 stycken på plaststolarna framför läktaren. Populationen beskrivs i Tabell C 6 och C 7. Tillgängliga utrymningsvägar är ingången samt tre smala dörrar vid den vänstra läktaren som leder direkt ut till det fria, se Figur 36.



Figur 34. Läktarna i Filmsalen.



Figur 35. Startobjekt i Filmsalen.



Figur 36. Utrymningsväg från Filmsalen.

9.2 Tid till utrymning i Filmsalen

Utrymningstiden beräknas genom summan av varseblivnings-, förberedelse- och förflyttningstiden, se kapitel 5. I kommande kapitel kommer den totala utrymningstiden med ett 95% -konfidensintervall beräknas för Scenario C för en vald fördelning på utrymnande museibesökare, se Bilaga F. Två olika scenarier simuleras, ett där besökarna bara kan sätta sig på läktarplatserna och ett när de även kan sätta sig på utställda stolar framför läktarna. Det maximala antalet sittplatser på läktarna har beräknats till 65 stycken efter att ha studerat ritningen över rummet. Extrastolarnas kapacitet uppskattas därefter till att ha plats för 35 stycken personer, vilket grundar sig i att personalen på plats sa att de kunde få in omkring 100 personer som mest under en filmvisning.

9.2.1 Varseblivningstid

Detektionstiden har beräknats genom att en rökdetektor placeras i mitten av taket vid simuleringen av den dolda branden i FDS. Detektorn aktiveras efter cirka 22 sekunder, se Tabell H 1, eftersom det är tänkbart med en både senare och snabbare detektering väljs en triangelfördelning, minimivärdet 15 sekunder, toppvärdet 22 sekunder och maximivärdet 30 sekunder, för att beskriva varseblivningstiden i Filmsalen. Eftersom branden är dold antas det inte rimligt att varseblivningstiden kan vara kortare än så.

9.2.2 Förberedelsetid

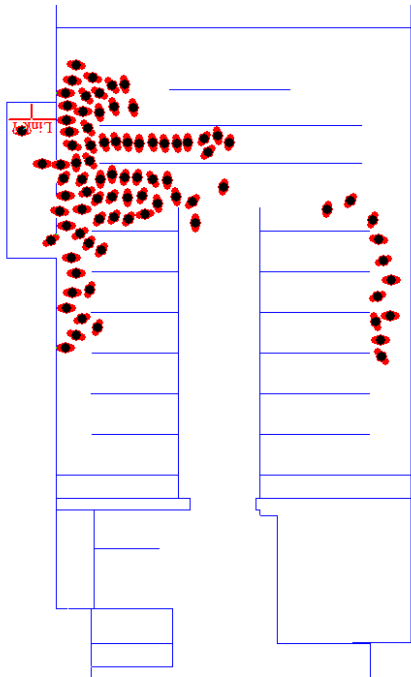
En fördelning på förberedelsetiden är framtagen utifrån en undersökning gjort av Holmström och Sävmark (2013) där de undersökte vilken effekt ett talat utrymningsmeddelande har på de utrymnande personernas förberedelsetid. I studien gjordes bland annat fullskaliga utrymningsförsök i biosalonger och utifrån de resultaten har en passande fördelning på förberedelsetiden tagits fram med hjälp av programmet @RISK. Den fördelning som är mest lik de framtagna resultaten och därför väljs att illustrera de utrymnande personernas förflyttningstid i detta scenario är en lognormalfördelning, medelvärdet 28 sekunder och standardavvikelsen 13 sekunder.

9.2.3 Förflyttningstid

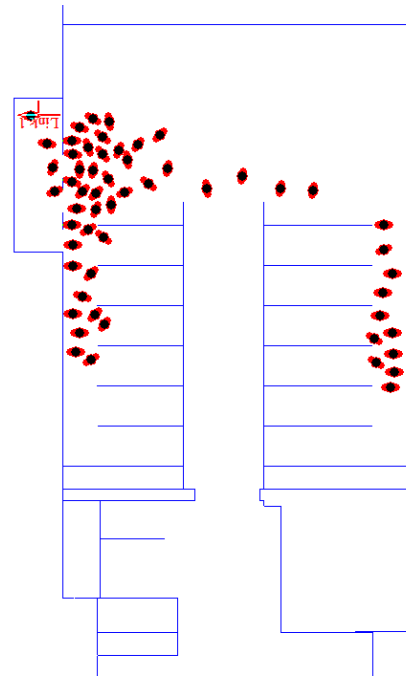
Fördelningen på persontyper som valts att simuleras i SIMULEX har varierats utifrån den framtagna statistiken av museibesökare, se Tabell C 1. Även det totala antalet besökare har varierats, detta görs för att få fram en trolig fördelning på besökarna i Filmsalen. För att få ytterligare information om hur fördelningarna har tagits fram se Bilaga C. De olika fördelningarna och simulerade förflyttningstiderna för de båda två scenarierna visas i Tabell C 6 och C 7. Utifrån simuleringarna i SIMULEX och @RISK har en passande fördelning på förflyttningstiden tagits fram för båda scenarierna. I fallet då det finns uppställda stolar framför läktarna väljs en normalfördelning,

medelvärde 102 sekunder och standardavvikelsen 25 sekunder, för att beskriva förflyttningstiden, se Figur F 9. Även för scenariot utan sittplatser framför läktarna väljs en normalfördelning för att beskriva förflyttningstiden, 82 sekunder i medelvärde och standardavvikelsen 11 sekunder, se Figur F 10.

I Figur 37 och Figur 38 visas utrymningen ur Filmsalen som har illustrerats med hjälp av SIMULEX. I fallet med extra uppsatta sittplatser blir köbildning extra påtaglig jämfört med scenariot där inga extra sittplatser finns.



Figur 37. Utrymning ur Filmsalen då extra platser är placerade framför läktaren, tagen från SIMULEX vid 28 sekunder.



Figur 38. Utrymning ur Filmsalen utan extra platser, tagen från SIMULEX vid 23 sekunder.

9.2.4 Total utrymningstid

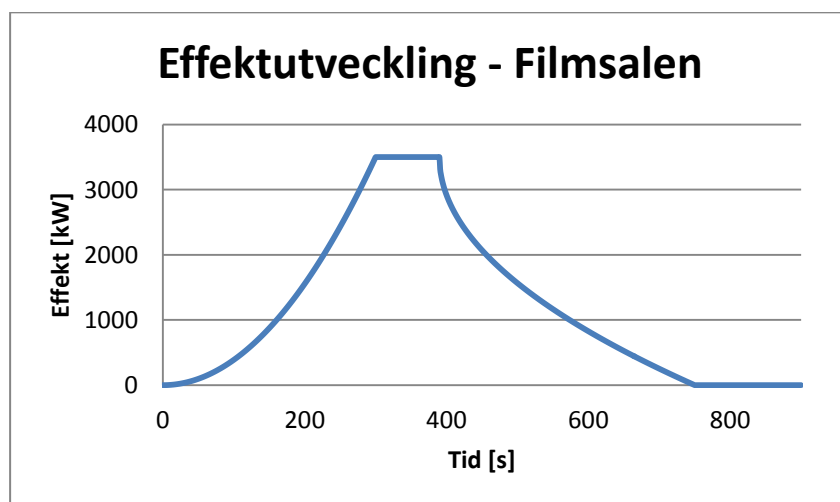
I Tabell 14 visas medelvärdet av den totala utrymningstiden för museibesökarna ut ur Filmsalen vid de båda två scenarierna samt utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall. Med 95 procents säkerhet kommer besökarna att utrymma Filmsalen inom 224 sekunder då det finns extra platser utplacerade, se Figur F 11, och inom 184 sekunder då det inte finns några extra platser i lokalen, se Figur F 12.

Tabell 14. Genomsnittliga tider för utrymning i Filmsalen samt den totala utrymningstiden med ett 95 % - konfidensintervall.

	Extra platser	Inga extra platser
Genomsnittlig varseblivningstid [s]	22	22
Genomsnittlig förberedelsetid [s]	43	43
Genomsnittlig förflyttningstid [s]	102	82
Genomsnittlig total utrymningstid [s]	167	147
95 % -konfidensintervall på utrymningstiden [s]	224	184

9.3 Effektutveckling vid fritt brandförlopp

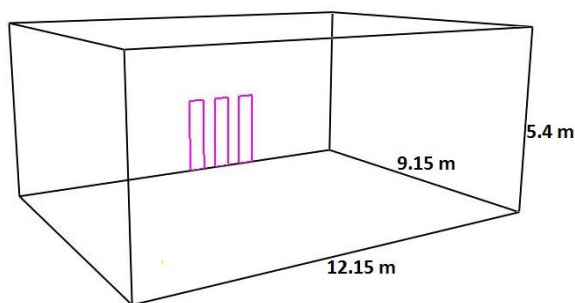
I Filmsalen antas branden starta i plaststolarna som befinner sig under den högra läktaren. Dimensionering av effektutveckling är gjord med grund i experiment Y5.0/14 sammanställd av Särdaqvist (1993), där 12 plaststolar är packade i två staplar. På objektsbesöket uppmärksammades det att det fanns betydligt fler stolar på plats, cirka 35 stycken, vilket betyder att en högre maxeffekt och snabbare tillväxthastighet är trolig. Utifrån det görs bedömningen att maxeffekten kommer nå 3500 kW och att denna effekt kommer att nå lika snabbt som maxeffekten i Särdaqvists experiment, vilket ger $\alpha \approx 0,039 \text{ kW/s}^2$. Branden antas sedan utveckla maxeffekt under 90 sekunder för att sedan avta ned till 0 kW på 360 sekunder, se Figur 39.



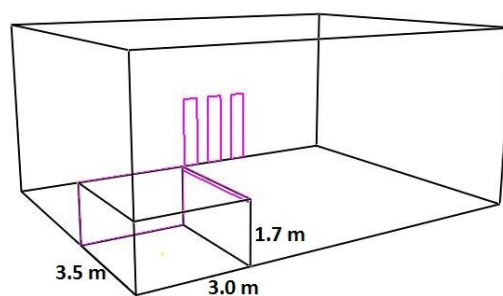
Figur 39. Indata för effektutvecklingen i Scenario C.

Ett problem i uppbyggnaden av Filmsalen i CFAST är hur läktaren definieras. Läktaren kommer att hålla tillbaka brandgaser och syreåtgång något men är samtidigt inte tätt som ett rum. Vid simulering i CFAST har två olika approximeringar gjorts, i den första har läktaren förenklats bort helt vilket ger god syretillgång och snabb förflyttning av brandgaser till taket i Filmsalen, se Figur 40. I den andra approximeringen har branden byggts in i ett eget rum som är 1,7 meter högt och som ska symbolisera läktaren. Rummet har en öppen sida mot utrymningsvägen samt en smal springa längst upp på väggen mot främre delen av salen och denna uppställning kommer vidare i rapporten kallas ”rum i rum”, se Figur 41. De tre små utrymningsvägarna är i CFAST 2,5 meter höga och 0,55 meter breda och belägna

6, 7 respektive 8 meter från den bakre väggen. Simulering gjordes i första hand med entrédörren stängd eftersom branden antas blockera denna utrymningsväg



Figur 40. Uppställning av filmsalen utan att hänsyn är tagen till läktaren.



Figur 41. Filmsalen enligt uppställningen ”rum i rum”.

I verkligheten kommer branden antagligen sprida sig vidare till läktaren, i CFAST simuleras inte detta utan istället vägs förenklingen upp med en något konservativt uppskattad brand. I simuleringen placeras en rökdetektor i taket i mitten av Filmsalen och en i taket i mitten av ”rum i rummet”. I verkligheten finns för tillfället en detektor placerad i taket men ingen under läktare. Anledningen till att en detektor placeras under läktaren i simuleringen är för att undersöka hur mycket detektionstiden kan förkortas om en dylik installeras där.

En simulering gjordes även med entrédörren till Filmsalen öppen för att undersöka om det blir någon märkbar skillnad i detta fall. Här inkluderas också en liten del av utrymmet utanför dörrarna till Filmsalen, förbindningen mellan rummen består av en dörr med måtten 1,75·2 (b·h).

Beräkningar gjorda i Bilaga E visar på att samtliga versioner av Scenario C inte kommer bli ventilationskontrollerad inom rimlig tid för utrymning.

9.4 Tid till kritiska förhållanden

Branden som är placerad i Filmsalen utövar en strålningsintensitet av så hög grad att personer inte kan vistas inom fyra meter från branden, se Bilaga E, vilket gör att det kommer bli problem att använda den bakre utrymningsvägen. Tid till kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd och rumstemperatur ses i Tabell 15. Utförligare resultat av CFAST-simuleringar finns i Bilaga G.

Tabell 15. Tid till kritisk höjd på brandgaslagret och kritisk rumstemperatur för uppställningen ”rum i rum”.

Program	Brandgaslagrets höjd, 2,14 m [s]	Temperatur, 80 °C [s]	Vidare simulering
CFAST	95	165	Ja

Att undersöka en kritisk höjd på brandgaslagret från golvet i ett rum med läktare är inte realistiskt då en del människor vistas på en högre höjd. Det betyder att de 95 sekunder som redovisas som tid till kritisk höjd i verkligheten kommer vara kortare för människor som befinner sig på läktaren. Enligt kapitel 9.2.4 kräver dock utrymningen mer än de 95 sekunder som finns tillgängliga, det är därför inte relevant att undersöka några kortare tider då utrymningsmöjligheterna redan är ogynnsamma.

Eftersom brandgasfyllnaden sker så pass snabbt men brandgaslagrets temperatur är låg är det intressant att undersöka scenariot vidare vilket görs i FDS.

Simulering med dörr öppen gav ingen betydande avvikelse i resultatet och undersöks inte vidare.

I Tabell 16 nedan redovisas tiden till kritiska förhållanden i Filmsalen för simuleringar i FDS. Det syns tydligt att den faktor som når kritiska förhållanden först är sikten. Dock kunde inte något rimligt resultat utläsas gällande brandgaslagrets höjd. Se Bilaga H för vidare information gällande FDS.

Tabell 16. Tid till kritiska förhållanden i Filmsalen.

Program	Brandgaslagrets höjd, 2,14 meter [s]	Sikt, 1 obscura [s]	Temperatur, 80°C [s]	Strålning, 10 kW/m ² [s]
FDS	-*	46	132	149

*Det går inte att utläsa ett rimligt resultat ur simuleringen, se Figur H11 och H12 för mer information.

9.5 Säkerhetsmarginal

I Tabell 17 nedan presenteras säkerhetsmarginalen i Filmsalen beroende på om extra uppsatta stolar eller bänkar används eller inte. I samtliga fall blir säkerhetsmarginalen negativ och därmed måste åtgärder vidtas för att utrymning ska kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår i lokalen. Med anledning av det ges förslag till åtgärder i kapitel 9.6.

Tabell 17. Säkerhetsmarginalen i Filmsalen.

	Kritisk tid [s]	Utrymningstid [s]	Säkerhetsmarginal [s]
FDS, extra platser	46	224	-178
CFAST, extra platser	105	224	-119
FDS, utan extra platser	46	184	-139
CFAST, utan extra platser	105	184	-79

9.6 Åtgärder

Då utrymningstiden för personer i Filmsalen överskrider tiden till kritiska förhållanden krävs det att åtgärder vidtas i lokalen för att en säker utrymning ska kunna ske. De åtgärdsförslag som rekommenderas för lokalen följer nedan.

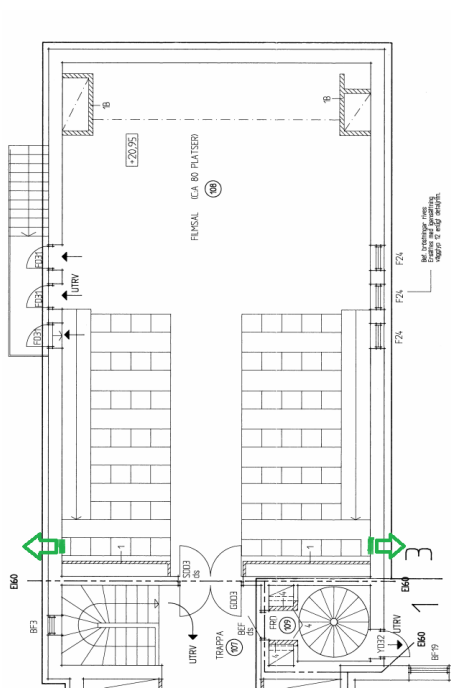
- Inga föremål får förvaras under läktaren
- Inga extra uppsatta stolar eller bänkar får användas i lokalen
- Två nya utrymningsvägar ska byggas, en på respektive läktares övre del, alternativt att bygga om raden närmast mittgången till trappor på båda läktarna

Inga föremål får förvaras i utrymnet under läktarna eftersom det utgör en stor brandfara. En dold brand under läktarna kommer att göra att kritiska förhållanden uppnås i lokalen innan en fullständig utrymning är genomförd. Det är oacceptabelt att besökarna inte kan genomföra en säker utrymning och det föreslås därför att föremålen som i dagsläget är placerade under läktarna flyttas till en mer lämplig plats där de inte utgör en säkerhetsrisk. Det kan även vara lämpligt att placera en rökdetektor under respektive läktare, även om det inte längre förvaras några inventarier där kan det vara passande eftersom det kommer ge en snabb detektion vid händelse av anlagd brand på platsen.

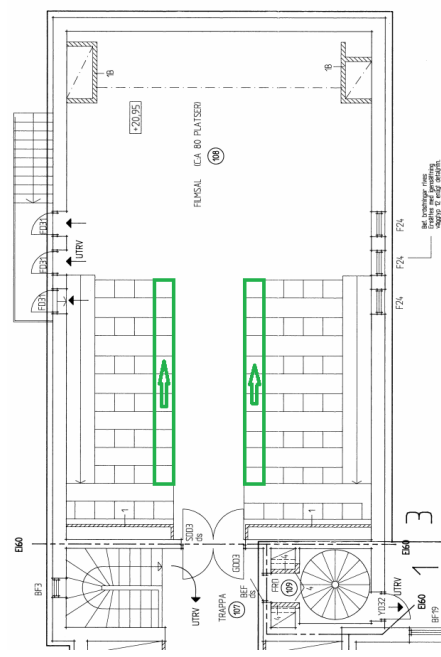
Ytterligare åtgärder som ska utföras är att inga extra uppsatta stolar eller bänkar får användas vid aktiviteter i lokalen. På så sätt elimineras problemet med att de delvis blockerar en av utrymningsvägarna samtidigt som att det leder till att färre personer får vistas i lokalen. Det är även tänkbart att några stolar eller bänkar skulle kunna ramla omkull vid en eventuell utrymning och på så

sätt försvåra utrymningen för till exempel äldre och rullstolsburna. I och med denna åtgärd kommer nu lokalens maximala antal besökare bestämmas efter antalet sittplatser på läktarna, vilket för tillfället är 65 stycken. Åtgärden bidrar till att tiden för utrymning förkortas.

De ovanstående åtgärderna är relativt enkla att genomföra, dock kan ytterligare åtgärder vidtas för att Filmsalen skall anses som en säker lokal. Det ska byggas till två nya utrymningsvägar, en på respektive läktares övre del, för att motverka att en situation uppstår där personer inte kan nå en utrymningsväg på grund av att en brand blockerar vägen fram. Ännu en anledning till att bygga extra utrymningsvägar är att besökarna då kan undvika att komma i kontakt med brandgaserna. Detta eftersom de kan utrymma genom de nya dörrarna innan kritiska nivåer på brandgaslagret inträffar längst upp på läktaren. Utrymningsvägarna ska leda direkt ut till det fria vilket innebär att även trappor på utsidan av huset måste monteras. Se Figur 42 för placering av dörrarna. Alternativt kan läktarraderna närmast mittgången göras om till trappor enligt Figur 43, för att se till att utrymning kan ske oavsett vart branden är placerad. Detta alternativ innebär att det totala antalet sittplatser och därmed även personantalet minskar och därför kommer utrymningen att ske snabbare. Ännu ett skäl till att bygga till utrymningsvägarna på något av de föreslagna sätten är att de kommer påskynda utrymningen eftersom risken för köbildning ner från läktarna kommer att minska.



Figur 42. Placering på de två extra utrymningsvägar som föreslås.



Figur 43. Ombyggnad av läktare enligt alternativt förslag.

Det finns fler åtgärder som rekommenderas för utrymnet, men det är inget krav på att dessa vidtas. Anledningen till att det inte är ett krav på att genomföra nedan föreslagna åtgärder är eftersom utrymningen kan ske på ett säkert sätt även om de inte vidtas. Om rekommendationerna skulle tas i beaktande kan det bidra till att den totala utrymningstiden reduceras. Åtgärdsförslagen som nämns nedan är endast aktuella om det i dagsläget inte finns några sådana system installerade. Åtgärderna innebär att filmen som visas i salen stängs av samt att belysningen tänds vid detektering av brand. Det leder till att händelsen uppmärksammas bättre samtidigt som att människor utrymmer fortare om de inte känner att de blir av med något de har investerat i (Frantzich, 2001), i detta fall filmen, se avsnitt 5.2 för ytterligare förklaring.

9.6.1 Brandscenario

Efter att åtgärder har vidtagits i Filmsalen blir det värsta troliga scenariot att en brand startar i ridån framme vid filmduken och sprider sig till träpanelen bredvid. Branden, efter att den har spridit sig till träpanelen, når sin maximala effekt på 2880 kW efter 180 sekunder. Det ger α -värdet 0,089 kW/s² och värdena är hämtade från försök O3/10 i Initial Fires av Stefan Särdaqvist (1993).

9.6.2 Tid till utrymning efter åtgärder i Filmsalen

I följande kapitel kommer den totala utrymningstiden efter åtgärder att beräknas i Filmsalen.

9.6.2.1 Varseblivningstid

I FDS-simuleringen av Filmsalen sattes en rökdetektor in i mitten av taket, den aktiverades efter cirka 13 sekunder, se Tabell H 1. Genom att studera simuleringen i FDS görs antagandet att tiden när detektorn aktiveras kommer vara fördelningens maximivärde. Detta grundar sig i att efter 13 sekunder kommer det finnas mycket brandgaser i lokalen och samtliga människor borde därför inse att en brand har startat. Eftersom branden i detta scenario bryter ut längst fram nära duken antas delar av publiken upptäcka branden något tidigare än vad detektorn gör, minimivärdet för varseblivningstiden väljs därför till sex sekunder. Resonemanget grundar sig i att när besökarna har satt sig på sina platser kommer de rikta blicken framåt och därför se ifall en eventuell brand uppkommer. Det är troligt att salen släcks ner vid en filmvisning och det kommer göra att brandens flammor syns ännu tydligare än ifall salen hade varit upplyst. På grund av brandens läge och att allt fokus hos besökarna läggs framåt antas den troligaste varseblivningstiden vara tio sekunder. Vid tio sekunder har brandgaserna börjat ta sig in över läktarplatserna samtidigt som brandens storlek börjar tillta vilket borde dra till sig de flesta besökarnas fokus. Varseblivningstiden väljs att beskrivas med en triangel fördelning; minimivärdet fem sekunder, toppvärdet tio sekunder och maximivärdet 13 sekunder.

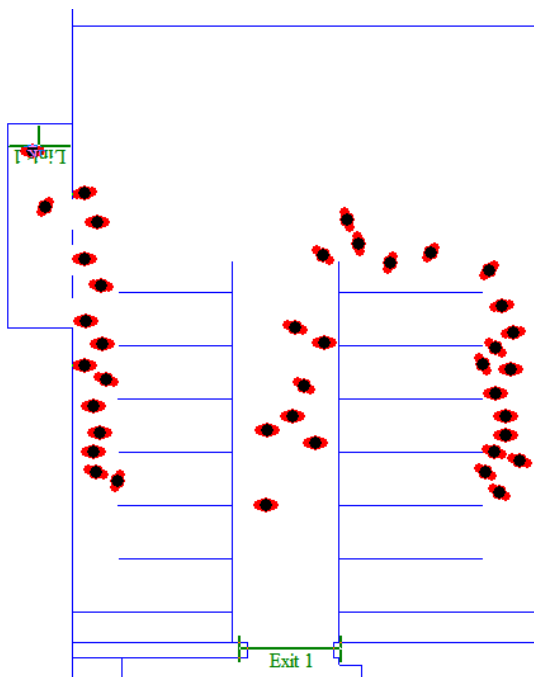
9.6.2.2 Förberedelsetid

Eftersom samtliga människor ser branden och märker att brandlarmet inte är en övning antas förberedelsetiden vara kortare än vad den var i scenariot med den dolda branden. Antagandet görs därför att förberedelsetiden reduceras eftersom människor som ser branden är mer benägna att påbörja utrymningen tidigare (Frantzich, 2001). Troligtvis har de flesta besökarna redan hängt av sig sina ytterkläder i kapprummet och har inte med sig så mycket saker in och behöver därför inte lägga tid på att samla ihop sina saker innan de kan påbörja utrymningen. Utifrån ovanstående resonemang antas förberedelsetiden förklaras med en triangel fördelning; minimivärdet fem sekunder, toppvärdet tio sekunder och maximivärdet 15 sekunder.

9.6.2.3 Förflyttningstid

Fördelningen på besökarna är densamma som användes i avsnitt 9.2.3 och den ses i Tabell C 7. Eftersom branden i detta scenario kommer att befinna sig längst fram i salen kommer dess läge inte att blockera någon av utrymningsvägarna. Besökarna kan alltså ta sig ut både genom den stora ingången och genom de tre mindre utrymningsvägarna. Eftersom Filmsalen är en egen brandcell antas besökarna ha nått en säker plats när de antingen har gått ut genom den stora ingången eller genom någon av de tre mindre dörrarna, ut på trappavsatsen och ner till plan mark. I SIMULEX har 16 stycken olika utrymningsförsöken simulerats. Samtliga besökare på läktaren vid de tre mindre utrymningsdörrarna, med undantag för de som sitter på första raden, antas i SIMULEX utrymma genom de mindre dörrarna. Resterande besökare antas utrymma genom den stora utgången. Med hjälp av de framtagna förflyttningstiderna i SIMULEX och programmet @RISK har en passande fördelning valts för att beskriva förflyttningstiden. Den fördelning som valts är en normalfördelning; medelvärdet 45 sekunder och standardavvikelsen sex sekunder, se Figur F 13.

I Figur 44 ses utrymningen ur Filmsalen efter att åtgärder har vidtagits. Ingen köbildning uppstår och personerna kan utrymma utan några större problem.



Figur 44. Utrymning ur Filmsalen efter åtgärder, tagen från SIMULEX vid 16 sekunder.

9.6.2.4 Total utrymningstid

I Tabell 18 visas medelvärdet samt ett 95 % -konfidensintervall för den totala utrymningstiden för museibesökarna efter åtgärder. Med 95 procents säkerhet kommer besökarna att hinna utrymma lokalen inom 77 sekunder, se Figur F 14.

Tabell 18. Genomsnittliga tider för utrymning i Filmsalen samt den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall.

	Filmsalen
Genomsnittlig varseblivningstid [s]	9
Genomsnittlig förberedelsestid [s]	10
Genomsnittlig förflyttningstid [s]	45
Genomsnittlig total utrymningstid [s]	64
95 % -konfidensintervall på utrymningstiden [s]	77

9.6.3 Tid till kritiska förhållanden efter åtgärder i Filmsalen

När åtgärder har vidtagits fås nya tider till att kritiska förhållanden uppstår i Filmsalen. Dessa redovisas i Tabell 19 där det är brandgaslagrets höjd som blir första kritiska faktor efter 103 sekunder. Något värde på strålningen har inte uppmätts då det inte påverkar utrymningen i detta fall eftersom branden inte är placerad i närheten av någon utrymningsväg.

Tabell 19. Tid till kritiska förhållanden i Filmsalen.

Program	Brandgaslagrets höjd, 2,14 meter [s]	Sikt, 1 obscura [s]	Temperatur, 80°C [s]	Strålning, 10 kW/m ² [s]
FDS	103	118	125	.*

*Ej uppmätt då det inte påverkar utrymningen.

9.6.4 Säkerhetsmarginal efter åtgärder

I Tabell 20 redovisas den säkerhetsmarginal som finns vid utrymning av Filmsalen efter att de åtgärder som presenteras i kapitel 9.6 har vidtagits. Eftersom gjorda antaganden är konservativa, samtidigt som de kritiska förhållanden är konservativt bestämda blir säkerhetsmarginalen för en säker utrymning med stor sannolikhet större än redovisat resultat.

Tabell 20. Säkerhetsmarginalen i Filmsalen efter åtgärder.

	Kritisk tid	Utrymningstid	Säkerhetsmarginal
Tid [s]	103	77	+26

10. Diskussion

Rapportens mål var att undersöka eventuella svagheter i brandskyddet på Norrköpings Konstmuseum med utgångspunkt i utrymningssäkerhet. Detta har gjorts för tre stycken scenarier beskrivna nedan genom att tider till kritiska förhållanden har beräknats. Utöver dessa tre scenarier uppmärksammades vid platsbesöket även några andra generella punkter som bör diskuteras.

Muséet har en mycket god kommunikation med räddningstjänsten, museitekniker på plats är till exempel noga med att delge information om omflyttningar eller små ombyggnationer som potentiellt skulle kunna påverka byggnadens brandskydd. På objektet sker ingen larmlagring utan larm skickas genast till räddningstjänst som kan påbörja en insats inom tre minuter. Det faktum att räddningstjänstens inställetid är så kort har påverkat hur utrymning har hanterats i rapporten. Om inställetiden varit lång hade det funnits ett behov av att undersöka hur utrymningen av hela byggnaden skulle fungera vid en större brand. Nu är räddningstjänsten på plats tidigt, kan kontrollera branden och eventuellt också hjälpa till med att utrymma övriga delar av byggnaden. Därför anses scenarierna vara utredda när brandrummet eller brandcellen har utrymts.

I byggnaden finns rökdetektorer utplacerade i princip alla byggnadens lokaler och i anslutning till ventilationskanalerna. I de flesta rum finns även brandsläckare strategiskt placerade, dock finns inga släckare i gallerierna på grund av risken för skadegörelse. Med anledning av det stöldbegärliga innehållet i muséet är byggnaden säkerhetsklassad vilket betyder att det är ännu viktigare med ett fungerande brandskydd då fönstren är okrossbara och inte kan fungera som en extra utrymningsväg. Ett annat problem med säkerhetsklassningen är att vissa dörrar låser sig då de stängs vilket innebär att när en person väl har passerat dörren kan den inte komma in igen utan nyckel. Problematiken ligger till exempel i att en vuxen som gått ut och stängt dörren inte kan öppna dörren igen för att hjälpa ett barn som själv inte kan hantera låsmekanismen inifrån.

I rapporten har det inte undersökts vidare vad som skulle kunna ske ifall brandgasspjället inte fungerar och att brandgaserna i så fall sprider sig vidare till andra brandceller. Vi anser att om personerna i lokalen där det brinner hinner ut innan kritiska förhållanden uppstår kommer även personerna i resten av byggnaden att hinna genomföra en säker utrymning. Det eftersom det tar längre tid innan kritiska förhållanden inträffar i övriga brandceller och att det talade meddelandet uppmanar samtliga människor i byggnaden att utrymma samtidigt.

De utrymnen som scenarierna utspelar sig i är förhållandevis små, vilket innebär att tiden till att kritiska förhållanden uppstår är kort. För att kunna genomföra en säker utrymning ut ur en lokal måste utrymningstiden vara kortare än tiden till kritiska förhållanden. Det innebär att de riktlinjer som finns gällande förberedelsestid kan vara svåra att ta hänsyn till om utrymningstiden ska vara inom rimliga gränser, det eftersom riktlinjerna är skrivna utifrån att de ska kunna användas för alla sorters geometrier. I de scenarier som beskrivs i rapporten är, som tidigare nämnt, lokalerna små vilket i sin tur kan leda till att personerna har en god möjlighet att upptäcka branden innan detektorn gör det. Det finns inte heller så många dolda utrymnen i lokalerna vilket innebär att de flesta bränderna kommer att vara synliga för besökarna. Det har då utgått ifrån att förberedelsestiden blir reducerad, jämfört med riktlinjerna, i de fall där människorna kan tänkas se branden. Det utgår ifrån resonemanget att människor är mer benägna till att påbörja en utrymning om branden är synlig än om den är dold. Oftast är det alltså inte förflyttningstiden som är problemet i analysen utan den långa förberedelsestiden som riktlinjerna anger.

Handberäkningarna är framförallt gjorda för att kontrollera så att resultaten från CFAST och FDS är rimliga. I de flesta fall är indata till beräkningarna valda för att ge konservativa resultat, till exempel

används en hög flamtemperatur vid strålningsberäkningarna. Med anledning av att konservativa bedömningar har gjorts vid beräkningarna anses det inte behövas någon större säkerhetsmarginal för att resultaten i rapporten ska förefalla vara acceptabla. Även om säkerhetsmarginalen är positiv kan det finnas åtgärder som behövs vidtas, till exempel så bör de dörrar med kåpor bytas ut mot dörrar med brythandtag, detta för att underlätta utrymningen ytterligare.

Det visade sig vara svårt att hitta statistik som enbart berörde museum och den statistik som fanns var svår att tolka i termer av utrymning. Informationen som hämtades från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskaps databas IDA var däremot lätt att tolka angående inträffade dödsfall i muséer. Detta eftersom inga sådana har rapporterats in i några av de byggnadstyper som statistiken berör. Statistiken angående brandorsak i museum, biografier, bibliotek och teatrar har ansetts kunna likställas med det berörda objektet i rapporten. I Norrköpings Konstmuseum bedrivs både biblioteksverksamhet och biografverksamhet i liten skala vilket ligger till grund för antagandet att statistiken anses vara applicerbar på muséet.

CFAST bygger på en tvåzonsmodell beskriven i Bilaga G och för att använda denna modell görs kontroller av geometrin för de simulerade rummen. I vissa fall ligger geometrierna på gränsen till vad som anses vara acceptabelt och för att lösa problemet har förenklingar gjorts eller resonemang förts om huruvida det påverkar resultaten. Resultaten från CFAST-simuleringarna har jämförts med resultat från handberäkningar och FDS, dessa anses vara rimliga om samtliga resultat överensstämmer. Vid avvikande resultat väljs det som anses mest konservativt, detsamma gäller för handberäkningarna och resultaten från FDS-simuleringarna.

10.1 Scenario A – Förrådet vid Galleri 6

En svårighet i Scenario A var att bestämma en maxeffekt för branden, det var problematiskt eftersom en mängd olika typer av material och inventarier förvaras i förrådet, där branden bryter ut. Den begränsade volymen och ventilationen indikerar att en brand i ett så stort bränslepaket kommer att bli ventilationskontrollerad, vilket också handberäkningar bekräftar. CFAST användes för att göra en grov bedömning av brandens egentliga tillväxt. Programmet indikerar att effekten aldrig kommer överstiga 4 MW, vilket användes vid dimensioneringen av brandskyddet i detta scenario.

En annan frågeställning i detta scenario är hur galleriet ska behandlas i CFAST-simuleringen eftersom avlånga utrymmen ligger utanför programmets huvudsakliga acceptanskriterier. I programmet finns möjlighet att ge flöden i rum en korridorsskärakt, vilket i så fall skulle ge en bättre approximation för det avlånga utrymme som Galleri 6 utgör. Eftersom en viss osäkerhet finns avseende hur troliga resultaten av korridorssimuleringarna är gjordes även en känslighetsanalys genom att dela upp galleriet i tre delar. I dessa simuleringar blev resultaten ungefär detsamma som för de simulerade korridorssimuleringarna. Skillnaden mellan de tre indelningarna är att det tar ungefär 20 sekunder från att kritiska förhållanden uppstår i det första rummet tills att det inträffar i sista rummet. Detta tolkas som ett bekräftande på att korridorssimuleringen var en korrekt approximation i scenariot. Eftersom båda simuleringarna pekar på ungefär samma tider väljs resultaten konservativt genom att tiden till kritiska förhållanden för varje del av rummet är så kort som möjligt.

Simuleringar i CFAST gjordes även för ett fall där dörren mellan förrådet och Galleri 6 antas vara stängd från början för att i ett senare skede öppnas på grund av brandens påverkan. Detta fall undersöktes för att låta branden tillväxa inne i förrådet och sedan låta brandgaserna flöda ut snabbt när dörren öppnas. Det valdes dock att inte göra någon ytterligare utvärdering gällande resultaten för dessa simuleringar eftersom tiden till att dörren skulle öppnas var längre än tiden för utrymning och tiden till

kritiska förhållanden. Det innebär att resultaten från simuleringarna inte påverkar utrymningen på något sätt och anses därför vara ointressanta att undersöka vidare.

10.2 Scenario B - Krumeluren

I Krumeluren finns många möjliga startobjekt för branden, den mest oroväckande ansågs vara den stora soffan som är placerad i anslutning till rummets enda utrymningsväg. Lokalen brandgasfylls mycket snabbt vid brand på grund av den låga takhöjden. Den snabba brandgasfyllnaden tillsammans med att det endast finns en utrymningsväg gör att rummet blir svårt att utrymma. Det betyder att åtgärder måste vidtas om personsäkerheten vid utrymning ska ligga inom vedertagna gränser.

Vid SIMULEX-simuleringarna med de båda scenarierna i Krumeluren, delvis blockerad samt helt fri dörr, noterades det att skillnaden mellan medelförflyttningstiderna endast var tre sekunder. I scenariot med delvis blockerad dörr uppstod köbildning framför dörren och därför var det förvånande att skillnaden blev så pass liten. Resultatet som förväntades var att skillnaden skulle bli betydligt större mellan scenarierna eftersom det endast fanns en utrymningsväg. En tänkbar anledning till att skillnaden blev minimal är att besökarna inte är utplacerade på exakt samma platser i lokalen vid de olika försöken. Om en större andel är placerade till höger i lokalen i SIMULEX-simuleringen, då dörren är delvis blockerad, kommer förflyttningstiden att vara kortare eftersom personerna då inte hejdas av hindret.

I rapporten är det maximala antalet personer som har simulerats i SIMULEX 46 personer. Inga vidare simuleringar har gjorts där ett högre personantal har testats, därför kan vi inte garantera att en säker utrymning kan ske ifall det vistas mer än 46 personer i lokalen. Resonemanget förs kring storleken på skolklasser och 46 personer anses vara ett extremvärde på en skolklass, även inklusive lärare. Med anledning av det har det inte undersökts om fler personer kan befinna sig i lokalen och fortfarande kunna utföra en säker utrymning.

Antagandet har gjorts att det endast är låg- och mellanstadieelever som vistas i Krumeluren tillsammans med några enstaka vuxna. Fullskaliga försök på förskolebarns förberedelsestid har använts som underlag i bedömningen av förberedelsestiden i Krumeluren. Förskolebarn borde ha en längre förberedelsestid än äldre barn eftersom yngre personer oftast behöver mer hjälp och därför anses approximationen vara konservativ.

Vid simuleringar i CFAST påvisas det att mindre bränder, som i rapporten blir aktuella först efter åtgärder har vidtagits i Krumeluren också ger korta tider till kritiska förhållanden. Storleken på dessa åtgärdsbränder ligger utanför de normala acceptanskriterierna för CFAST och därför används istället FDS för åtgärdssimuleringar. FDS har i sin tur egna begränsningar vad gäller små bränder och diskussion kring hur de påverkar resultaten ses i avsnitt 10.4.

10.3 Scenario C - Filmsalen

Det största problemet med branden i Scenario C är dess närhet till den stora utrymningsvägen. Dörren kommer inte kunna användas vid en utrymning på grund av för hög inkommande strålningsintensitet.

En lösning som skulle hindra branden från att blockera den stora utrymningsvägen är att installera sprinkler under läktarna, dock har förslaget förkastats i ett tidigt skede på grund av den stora ekonomiska investering som skulle krävas. Det känns mer rimligt att istället för att installera sprinkler under läktarna flytta på det material som för tillfället förvaras där. På så sätt kommer också en stor brand att förhindras samtidigt som kostnaderna hålls nere, dessutom innebär den åtgärden inga ingrepp på lokalen. Det gör dock att det dimensionerande scenariot försvinner helt och ett annat scenario i rummet blir dimensionerande. I det nya scenariot, efter åtgärder, är branden i samma storleksordning

som tidigare, men på grund av att båda utrymningsvägarna är fria kan lokalen utrymmas inom acceptabel tid.

Ett annat problem är om en brand skulle uppstå någonstans på läktaren. Branden skulle i detta fall inte bli särskilt stor på grund av begränsad tillgång till bränsle, men de personer som befinner sig högre upp på läktaren än flammans placering skulle kunna bli instängda. För att lösa problemet bör alla besökare ha tillgång till två av varandra oberoende utrymningsvägar. Det skulle kunna genomföras genom att sätta in en dörr, som leder ut till det fria, längst upp på respektive läktare. Alternativt kan en vertikal rad av stolar, närmast mittgången på respektive läktare, tas bort till förmån för en trappa.

Filmsalens tre smala utrymningsdörrar är givetvis ett problem i utrymningsssammanhang. Om dörrarna ska vara kvar i samma utförande är det viktigt att se till att besökarna är i sådant "skick" att de kan använda dessa. Dörrarna kan idag till exempel inte användas av rullstolsburna personer. Dessutom är inte den totala bredden på dörrarna lika med den effektiva bredden på utrymningsvägen på grund av trappavsatsen utanför. Dörrarna är totalt 1,68 meter breda medan trappavsatsen är cirka en meter bred, vilket begränsar användandet ytterligare och kan orsaka köbildning. Ett förslag som inte är orimlig är att dörrarna tillsammans med trappavsatsen breddas för att även kunna användas av rullstolsburna personer.

10.4 FDS

Eftersom tiderna till kritiska förhållanden var betydligt kortare i FDS än i CFAST valdes det att utgå från resultaten i FDS-simuleringarna. Detta eftersom det ger ett mer konservativt resultat då lösningar som klarar av de korta tiderna till kritiska förhållanden som fås i FDS även klarar av tiderna som erhålls från CFAST.

Cellstorleken i FDS bör inte vara större än den minsta rörelsen i flammen, detta för att kunna återge ett så verkligt resultat som möjligt där hänsyn tas till flammans fluktuationer. Det kan dock inte uppnås i dagens simuleringar då datorkapaciteten som krävs inte finns tillgänglig. I samtliga scenarier som har simulerats har gridstorleken tio centimeter använts. Det ansågs vara en lämplig storlek då den passade väl in i rummets geometrier dessutom fanns det inte tillräckligt mycket tid för att utföra simuleringar med en mindre gridstorlek. Rapporten innehåller fel i resultaten som grundar sig i att cellstorleken som valdes är för stor. För att kunna säkerställa att inga numeriska fel finns bör gridberoende påvisas genom att halvera cellstorleken ett antal gånger. Det har dock inte gjorts i rapporten eftersom när cellstorleken halveras en gång förlängs simuleringstiden med ungefär 16 gånger. De resultat från FDS-simuleringarna som har använts i rapporten har istället jämförts med verkliga experiment, CFAST eller handberäkningar för att kunna fastställa dess rimlighet.

I programmet ger hela cellen samma värde oavsett vart mätpunkten är definierad eftersom FDS tar ett medelvärde över hela cellytan. Det innebär att mer information måste tas hänsyn till desto större cellerna är. Det kan leda till missvisande värden på till exempel temperaturen, se Figur H7.

Vid simuleringar av en brand med liten effektutveckling men stor grid kommer brandens temperatur vara missvisande, den kommer visa att flammen är betydligt svalare än vad den i verkligheten skulle vara. Ifall flammen inte är tillräckligt varm kommer inte heller brandgaserna ha en rimlig temperatur. Allt efter att brandgaserna stiger uppåt kommer kall luft att blandas in i plymen. Då cellstorleken är stor kommer stora volymer av kall luft blandas in och på så sätt kyla brandgaserna i plymen på ett orealistiskt sätt.

Bränderna i programmet har approximerats till en rektangulär brännare där en α^2 -kurva beskriver brandens tillväxt. Det finns osäkerheter med uppbyggnaden av en sådan brand, till exempel finns det i

verkligheten en förbrinntid innan branden når det stadiet där tillväxten kan uppskattas som en at^2 -kurva. Vid simuleringar i FDS har ingen hänsyn tagits till förbrinntiden vilket medför att resultaten som fås anses vara konservativa. Det betyder att tiden till kritiska förhållanden i verkligheten är längre än vad som presenteras i rapporten.

FDS antar att det finns obegränsad mängd syre och material, om inget annat anges i indatafilerna, vilket innebär att branden aldrig kommer blir ventilationskontrollerad i simuleringarna. Detta är dock något som troligen kommer att ske i verkligheten och av den anledningen har det kontrollerats med handberäkningar när branden blir ventilationskontrollerad i de olika scenarierna. Handberäkningarna visade dock att bränderna i samtliga scenarier inte blir ventilationskontrollerade förrän efter att utrymningen är avklarad. Därför antas det inte påverka resultaten i rapporten.

I verkligheten kommer branden att sprida sig vidare till angränsande brännbart material, om något sådant finns i närheten. Dock har inte detta tagits i beaktande vid simuleringarna eftersom slutresultatet inte antas påverkas nämnvärt då tiden för total utrymning är relativt kort. Utrymningen borde även vara avklarad innan branden hinner sprida sig. Om flamspridning simuleras i FDS måste resultaten sedan jämföras med fullskaliga experiment för att kontrollera ifall den simulerade flamspridningen sker på ett realistiskt sätt. Eftersom en kontroll inte kan göras är det olämpligt att simulera brandspridning i FDS.

I FDS fås bäst resultat gällande strålning när griden är liten och antal strålningsvinklar är många. Det eftersom strålarna sänds ut slumpvis och ju fler som sänds ut desto större blir möjligheten att de träffar en cell och får på så sätt ett så sanningsenligt resultat som möjligt. Om en stor grid används kan det se ut som att ett jämnt och troligt resultat uppnås men det kan vara missvisande. Detta eftersom det är större chans för strålarna att träffa en stor cell och som nämnts tidigare kommer då cellen uppfatta det som att hela cellen utsätts för en viss strålning. Det betyder att de resultat som har uppmätts i simuleringarna gällande strålning i rapporten kan vara missvisande då cellerna som har använts är relativt stora. Med anledning av det har strålningen även kontrollerats med handberäkningar för att kunna fastställa ett rimligt resultat.

En del faktorer har inte gett rimliga resultat vid mätningar och med anledning av det har valet gjorts att inte vidare analysera dessa. Till exempel har brandgaslagrets höjd nått kritiska förhållanden väldigt fort medan brandgaserna har haft samma temperatur som omgivningen. Det anses inte vara rimligt då brandgaserna nyligen lämnat en varm brand och inte kan kylas till omgivningstemperatur på så kort tid. Anledningen till den låga temperaturen på brandgaserna kan bero på att den valda griden är för stor och därmed ger orimliga resultat.

Anledningen till att toxiciteten inte har tagits med i bedömningen, även om den har simulerats i FDS, är att den likställdes med brandgaslagrets höjd. Det innebär att det antas att kritiska toxiska nivåer uppnås när brandgaserna når den kritiska höjden.

10.5 SIMULEX

I utrymningsprogrammet SIMULEX har samtliga scenarier simulerats för att få fram en tänkbar fördelning på museibesökarnas förflyttningstid. Som nämnts i Bilaga C finns det vissa begränsningar med programmet som påverkar förflyttningstiden. Eftersom personerna i programmet alltid vill ta den kortaste vägen till utrymningsvägen inträffar det ibland att de fastnar samt att de börjar motarbeta varandra. Själva motarbetandet sker då två personer i SIMULEX möts på en liten yta och de ska ta sig till olika utrymningsvägar. För att undvika att personerna fastnar när de till exempel ska gå runt ett hörn med skarpa kanter kan hörnet göras rundare. Ett rundat hörn gör att de inte fastar utan rör sig smidigare runt det än om hörnet haft skarpa kanter, i rapporten har dock inte detta gjorts. Rundade

hörn kan även göra att det går lite smidigare när personerna ska ta sig igenom exempelvis en dörr och på så sätt minska risken för köbildning. Anledningen till det är att det enda scenario där det blev köbildning vid utrymningsvägarna är i Scenario C och eftersom besökarna endast kan utrymma genom de tre mindre dörrarna i det scenariot kommer det troligtvis bli köbildning även i verkligheten.

I Scenario C med extra sittplatser placerade framför läktarna blev köbildningen som störst, vilket inte är konstigt eftersom det var fler människor som skulle utrymma genom samma dörrar samtidigt som de extra platserna begränsade framkomligheten. Ytterligare en anledning till att det blev köbildning i Scenario C, i samtliga fall, är att personerna i SIMULEX hade en benägenhet att mestadels använda utrymningsdörren som var närmst filmduken. Anledningen till det beteendet är att vägen via den utrymningsdörren, ner för trappan och ut i det fria är den kortaste vägen enligt avståndskartan och därför den vägen som personerna i SIMULEX strävar efter att gå. Nästan inga personer i SIMULEX valde att gå ut genom den lilla utrymningsdörren som är placerad i läktarens trappa. I verkligheten hade antagligen fler valt att utrymma genom den eftersom de människor som utrymmer ned från läktaren, som är placerad närmast utrymningsvägarna, först kommer till den dörren. Dessutom begränsas inte verkliga människor av uträknade avståndskartor.

I Scenario A och B är utrymningsvägarna betydligt bredare än i Scenario C vilket gör att utrymningen flyter på mycket bättre. I Scenario A utrymmer vissa personer genom den alternativa utrymningsvägen, i verkligheten är det en kåpa på den dörren som först måste slås sönder innan dörren kan öppnas. I SIMULEX kan det inte illustreras och därför kan personerna utrymma betydligt snabbare än vad de hade gjort i verkligheten.

De extra platserna i Filmsalen är i verkligheten inte fastsatta men i SIMULEX har de förenklats till fasta ”bänkar” som de utrymmande personerna inte kan flytta på. Det är tänkbart att de extra utplacerade stolarna skulle kunna vältras vid en utrymning och på så sätt förhindra framkomligheten till dörrarna. Särskilt besvärlig skulle framkomligheten bli för de äldre och för människor med nedsatt rörelseförmåga.

I simuleringarna har personer med nedsatt rörelseförmåga blivit likställda med SIMULEX-karaktären ”disable”. I programmet innebär det att de har en lägre gånghastighet än exempelvis en vuxen, men de båda persontyperna är lika breda. I verkligheten skulle exempelvis rullstolsburna människor ha svårigheter med att ta sig ut genom de tre mindre dörrarna, men i SIMULEX tar de sig ut utan några problem. Inte heller trappan som personerna med rörelsehinder måste ta sig ner för är ett problem för ”disable”-karaktärerna. Anledningen till att ”disable”-karaktären inte tilldelades en bredare kropp för att göra persontyperna mer lika de verkliga är för att de i så fall hade blivit bredare än vad utrymningsdörrarna är och på så sätt inte kunna utrymma genom dem. I SIMULEX hade personerna med ”disable”-karaktär istället fastnat och förhindrat de andras utrymning, resultatet hade därmed blivit mer felaktigt än vad det är för tillfället. Ifall en utrymning skulle ske i dagsläget i lokalen antar vi att besökarna hjälper alla som är i behov av hjälp vid utrymningen.

I varje simulering har personerna i programmet placerats ut slumpmässigt i lokalerna, därför har de aldrig placerats på samma plats då två delscenarier med samma population har simulerats. Även om besökarna placerats ut slumpmässigt har vi ändå försökt att placera ut vissa med lite mer eftertanke, detta för att utmana byggnaden ur utrymningssynpunkt. Exempelvis har inte ”disable”-karaktärerna placerats ut direkt vid en utrymningsväg utan en liten bit bort för att undersöka hur förflyttningstiden påverkas av detta. Vad som observerades under simuleringarna var att förflyttningstiden inte påverkades lika mycket av den valda population som kunde tänkas. Istället verkar det som att det är vart människorna är placerade i SIMULEX när utrymningen påbörjas som har den största inverkan på

förflyttningstiden. Något som däremot måste påpekas är att resultaten från SIMULEX kanske hade sett annorlunda ut ifall de utrymmande personerna redan i simuleringen hade blivit tilldelade olika förberedelsetider. Det är tänkbart att detta skulle förändra resultatet eftersom det tar olika lång tid för olika människor att förstå att det är ett utrymningslarm och att de ska utrymma. I rapporten har istället förberedelsetiden lagts på i efterhand utifrån egna resonemang och resultat från andra undersökningar.

I varje scenario har 16 stycken olika populationer simulerats, detta har gjorts för att få en mer verklighetstrogen fördelning på förflyttningstiden. Grunden i samtliga val av populationerna kommer från statistik. Därefter har de olika populationerna valts efter vad som ansetts vara troligt. Det är till exempel orimligt att besökarna alltid skulle utgöra lokalernas maximalt tillåtna personantal. Populationerna är också valda utifrån att utmana byggnaden för att säkerställa att den klarar av utrymningen för så många olika populationer som möjligt. Vad som observerades vid simuleringarna var att förflyttningstiden endast i vissa fall förändrades avsevärt när populationerna varierades och därför ansågs 16 försök vara tillräckligt.

10.6 @RISK

Den totala utrymningstiden beräknas som summan av varseblivnings-, förberedelse- och förflyttningstiden. I den här rapporten har fördelningar satts på samtliga termer för att sedan kunna göra @RISK-simuleringar på den totala utrymningstiden.

De valda fördelningarna på varseblivningstiden har i samtliga scenarier sin grund i det resultat på detektionstiden som erhöles ur FDS-simuleringarna. För att få en fördelning på varseblivningstiden har vi själva fått resonera oss fram till värden som anses vara rimliga. Samtliga fördelningar har valts till triangelfördelningar då det är lättast att uppskatta dessa; ett värde som vi anser är mest troligt samt ett minimi- och ett maximivärde. Toppvärdet har i nästan samtliga simuleringar satts till det som har erhållits ur FDS-simuleringarna och sedan har maximi- och minimivärdet valts utifrån de olika scenarierna. Enda scenariot då FDS-detektionstiden har satts som fördelningens maxvärde är i scenariot i Filmsalen efter åtgärder eftersom vi anser att den branden borde uppfattas av besökarna innan detektering sker. Detta eftersom besökarna har sitt fokus riktat framåt mot filmduken och skulle i så fall i ett tidigt skede upptäcka branden.

Eftersom inga experiment har gjorts för att undersöka vilken fördelning som skulle överensstämma bäst med människors förberedelsetid har värden istället hämtats från andra undersökningar, råd från BBR och resonemang. På grund av brist på fullskaliga utrymningsförsök har vi fått resonera oss fram till rimliga tider utifrån de olika brandscenarierna. I våra resonemang har vi försökt att vara något konservativa så att förberedelsetiderna inte underskattas och på så sätt inte underskatta den totala utrymningstiden.

I SIMULEX har olika populationer simulerats för att få fram deras olika förflyttningstider, sedan har @RISK använts för att få fram vilken fördelning som stämmer bäst in på tiderna. I samtliga fall valdes den fördelning vars trendlinje bäst stämde överens med de simulerade förflyttningstiderna. Eftersom ingen känd fördelning stämde överens med förflyttningstiderna helt och hållet kommer fördelningarna innehålla osäkerheter. För att minska osäkerheterna vid val av fördelning kan antalet simuleringar i SIMULEX ökas, i rapporten har vi dock valt att använda oss av 16 stycken olika simuleringar, läs mer om detta i avsnitt 10.5.

I rapporten har samtliga totala utrymningstider simulerats i programmet @RISK för att få fram ett tidsintervall inom vilket vi kan säga med 95 procents säkerhet att alla besökare hinner utrymma. I arbetet har det simulerade tidsintervallets övre gräns sedan jämförts med tiden då kritiska förhållanden

inträffar i scenarierna för att få fram säkerhetsmarginalen. Anledningen till att vi valde att granska den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall var att det ansågs vara orimligt att studera den med ett 100 % -konfidensintervall, då alla extremfall tas med i beaktandet. Eftersom nästan alla andra antaganden som har gjorts i rapporten har varit konservativa ansågs det att en säker utrymning skulle kunna göras även om det inte kan sägas med 100 procents säkerhet att samtliga besökare har utrymt inom tidsintervallet som har getts av det 95 % -konfidensintervallet.

11. Slutsats

Norrköpings Konstmuseum anses inte uppfylla det skyddsmål som är satt för byggnaden eftersom det inte kan garanteras en säker utrymning för alla personer i dagsläget. Det innebär att muséet inte har ett tillfredsställande brandskydd och åtgärder måste därför vidtas. Nedan redovisas de åtgärdsförslag som enligt rapporten anses vara av betydelsefull karaktär. För en mer detaljerad beskrivning av åtgärdsförslagen hänvisas läsaren till kapitel 7 - 9 avsnitt Åtgärder.

Följande åtgärdsförslag **ska** genomföras:

- Utrymningsvägar **ska** vara fria från lös inredning
- Brandsläckare **ska** kontrolleras rutinmässigt
- Automatisk stängning av brandcellsavskiljande dörrar **ska** kontrolleras rutinmässigt
- Utrymningsskyltar **ska** ha fungerande lampor och belysning
- Vidta åtgärder i Krumeluren
 - En ny utrymningsväg **ska** byggas
 - Alla stafflier **ska** förvaras i brandklassade skåp när de inte används
 - Alla papper **ska** förvaras i brandklassade skåp
 - Soffan **ska** behandlas med flamskyddsmedel
- Vidta åtgärder i Filmsalen
 - Föremål **ska** ej förvaras under läktaren
 - Extra uppsatta stolar eller bänkar **ska** ej användas
 - Extra utrymningsväg **ska** byggas längst bak på respektive läktare, alternativt kan läktarraderna närmast mittgången göras om till trappor

Följande åtgärdsförslag **bör** genomföras:

- Kåpor på dörrar **bör** bytas mot bryrhandtag
- Blixtljus **bör** installeras på samtliga toaletter
- Skyltar med maximalt tillåtet personantal **bör** sättas upp utanför samlingslokaler
- Utrymningsvägar som kan användas av personer med nedsatt orienterings- eller rörelseförmåga **bör** särskilt markeras
- Utrymningsplatser med tvåvägskommunikation **bör** finnas på ovanvåningen
- De smala utrymningsvägarna i Filmsalen **bör** breddas för att personer med rörelsenedsättning också ska kunna använda dessa
- God kommunikation med räddningstjänsten **bör** vidhållas, förslagsvis genom en del av det systematiska brandskyddsarbetet
- Vidta åtgärder i Krumeluren
 - Bord och stolar **bör** ej staplas

Specialfall för Krumeluren:

Åtgärdsförslagen för Krumeluren innebär stor inverkan på byggnaden och en större ekonomisk investering. En alternativ lösning skulle kunna vara att flytta verksamheten till en mer lämplig lokal.

Om ovan föreslagna åtgärder genomförs på Norrköpings Konstmuseum anser vi att en säker utrymning av muséets lokaler kan genomföras vid en händelse av brand.


12. Litteraturförteckning

- Almgren, E., Staffan, B., Danielsson, T., Fagergren, T., Frantzich, H., Johansson, N., o.a. (2012). *Brandskyddshandboken – En handbok för projektering av brandskydd i byggnader*. Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Binder, K., & Heermann, D. W. (2010). *Monte Carlo Simulation in Statistical Physics*. Berlin: Springer Verlag.
- Boverket. (2011). BFS 2011:27 BBRAD 1. i Boverket, *Boverkets författningssamling*. Sverige.
- Davidsson, G., Haeffler, L., Ljungman, B., & Frantzich, H. (2003). *Handbok för riskanalys*. Räddningsverket.
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. Chichester, Storbritannien: John Wiley & Sons, Ltd.
- Fleury, R. (2010). *Evaluation of Thermal Radiation Models for Fire Spread Between Objects*. University of Canterbury, New Zealand, Department of Civil and Natural Resources Engineering, Christchurch.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik. Karlstad: Räddningsverket.
- Holmström, J., & Sävmark, E. (2013). *Talat utrymningsmeddelande - optimerad utformning utifrån fullskaleförsök*. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- ISO. (1995). *ISO/WD 13390 Fire Safety Engineering - Subsystem 1 : initiation and development of fire and fire effluents*. Berlin: ISO.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press LLC.
- Kholshchevnikov, V., Samoshin, D., Parfyonenko, A., & Belosokhov, I. (2012). *Special Issue Paper, Study of children evacuation from pre-school education institutions*. Moscow: Department of Fire Safety in Building Constructiob, Academy of State Fire Service, The Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natrual Disasters.
- Kobes, M., Helsloot, I., De Vries, B., & Post, J. G. (2010). Building safety and human behaviour in fire: A literature review. *Fire Safety Journal*, 45(1), 1-11.
- Kulturrådet. (2011). *Besöksutveckling och tillgänglighet för museer 2011, Redovisning av besöksutfall för statliga museer*. Hämtat från Kulturrådet:
http://www.kulturradet.se/Documents/publikationer/2012/museernas_besöksutveckling_2011.pdf den 01 03 2013
- McGrattan, K., Hostikka, S., Floyd, J., Baum, H., Rehm, R., Mell, W., o.a. (2010). *Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical Model*. Washington, USA: National Institute of Standards and Technology, U.S Government Printing Office.

- Moderna Museet. (2008). *Årsredovisning 2008*. Hämtat från Moderna Museet:
<http://www.modernamuseet.se/PageFiles/16741/arsredovisning08.pdf> den 01 03 2013
- MSB 1. (den 22 12 2011). *Systematiskt brandskyddsarbete*. Hämtat från MSB:
<https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandskydd/Ansvar-SBA--skriftlig-redogorelse/Systematiskt-brandskyddsarbete/> den 02 05 2013
- MSB 2. (2011). *Statistik verktyg IDA*. Hämtat från sökord: Byggnad, Brandorsak:
[http://ida.msb.se/netdiver#file=/insatsstatistik/fridyk.dbk,area=Brand i byggnad,topic=Öppna Brand i byggnad](http://ida.msb.se/netdiver#file=/insatsstatistik/fridyk.dbk,area=Brand%20i%20byggnad,topic=Öppna%20Brand%20i%20byggnad) den 24 April 2013
- Nilsson, D. (2007). *Datorsimulering av utrymning av brand- inventering av tre angreppssätt*. Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Nilsson, D., & Holmstedt, G. (2008). *Kompendium i Aktiva system - Detektion*. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Brandteknik och riskhantering, Lund.
- Norrköpings Konstmuseum 1. (2013). *Historik*. Hämtat från Norrköpings Konstmuseum:
<http://www.norrkoping.se/kultur-fritid/museer/konstmuseum/om-museet/historik/> den 27 03 2013
- Norrköpings Konstmuseum 2. (2013). *Norrköpings Konstmuseum*. Hämtat från Norrköpings Konstmuseum: <http://www.norrkoping.se/kultur-fritid/museer/konstmuseum/> den 02 05 2013
- Palisade. (2013). *Monte Carlo Simulation*. Hämtat från Palisade:
http://www.palisade.com/risk/monte_carlo_simulation.asp den 24 April 2013
- SVEBRA. (den 14 01 2001). *SS 3656 - UNDERHÅLL OCH OMLADDNING AV HANDBRANDSLÄCKARE*. Hämtat från Brandredskap:
<http://www.brandredskap.se/pdf/SS3656.pdf> den 09 04 2013
- Särdqvist, S. (1993). *Initial fires*. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Brandteknik, Lund.

BILAGOR

Bilaga A – Skriftlig redogörelse för brandskyddet



**NORRKÖPING
BRANDFÖRSVÄRET**

Räddningstjänsten
Östra Götaland
2010 -10- 29

Org. RÖG- 2010 21645

**SKRIFTLIG REDOGÖRELSE FÖR
BRANDSKYDDET**

1(7)

1. Ägare av byggnaden

1.1 Ägare av byggnaden, namn Eventfastigheter i Norrköping AB		1.2 Organisationsnummer/Personnummer 556225-9621
1.3 Besöksadress Näringslivets Hus	1.4 Utdelningsadress 601 81 Norrköping	
Telefon (även riktnummer) 011-150000	Telefax (även riktnummer)	
Telefon mobil	E-postadress	
1.5 Ägarens kontaktperson(-ar) mot kommunen, namn Magnus Nilsson	Telefon arbete (även riktnummer) 011-155101	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning VD	Telefon mobil	
Namn Christer Johansson	Telefon arbete (även riktnummer) 011-155103	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning Förvaltare	Telefon mobil	
Namn	Telefon arbete (även riktnummer)	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning	Telefon mobil	
Namn	Telefon arbete (även riktnummer)	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning	Telefon mobil	
1.6 Redogörelsen upprättad av, namn Christer Johansson/ Örjan Söderholm		Datum 2010-10-27

2. Information om byggnaden

2.1 Fastighetsbeteckning Södertull 1	2.2 Byggnadsbeteckning Konstmuseet
2.3 Byggnadsår 1946	2.4 Senaste större ändring skedd år 1999
2.5 Byggnadsarea i m ² 3115	2.6 Byggnadens taxeringsvärde (kr)
2.7 Antal våningar (övan mark) <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4-8 <input type="checkbox"/> 9-16 <input type="checkbox"/> >16	
2.8 Antal källarplan (under mark) <input type="checkbox"/> 0 <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> >2	

2.9 Ange samtliga verksamheter som finns inom byggnaden/anläggningen

<input type="checkbox"/> Handel	<input type="checkbox"/> Sjukhus	<input type="checkbox"/> Äldringvård	<input type="checkbox"/> Psykiatrisk vård
<input type="checkbox"/> Kriminalvård	<input type="checkbox"/> Teater/biograf	<input checked="" type="checkbox"/> Museum/bibliotek	<input type="checkbox"/> Kyrkämotsvarande
<input type="checkbox"/> Restaurang/danslokal	<input type="checkbox"/> Hotel/pensionat	<input type="checkbox"/> Försvarsverksamhet	<input type="checkbox"/> Skola
<input type="checkbox"/> Fritidsgård	<input type="checkbox"/> Förskola	<input type="checkbox"/> Elevhem/studenthem	<input type="checkbox"/> Idrottsanläggning
<input type="checkbox"/> Allmän kommunikation (terminaler mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Föreläsning/kontor	<input checked="" type="checkbox"/> Annan allmän verksamhet	<input type="checkbox"/> Övrig vård

Postadress
Norrköpings kommun
Brandförsväret
602 26 Norrköping

Besöksadress
Ålrektavägen 150

Telefon
011-15 17 09
Telefax
011-15 17 79

E-post
brandforsvaret@norrkoping.se
Internet
www.norrkoping.se

NKN1005 Utgåva 05 2005 09 www.förpp.se

Industri			
<input type="checkbox"/> Industrihotell	<input type="checkbox"/> Kemisk industri	<input type="checkbox"/> Livsmedelsindustri	<input type="checkbox"/> Metallmaskinindustri
<input type="checkbox"/> Textilindustri	<input type="checkbox"/> Trävaruindustri	<input type="checkbox"/> Pappersindustri	<input type="checkbox"/> Annan tillverkningsindustri
<input type="checkbox"/> Reparationsverkstad	<input type="checkbox"/> Lager	<input type="checkbox"/> Annan industri	
Annan verksamhet			
<input type="checkbox"/> Bensinstation	<input type="checkbox"/> Lantbruk	<input type="checkbox"/> Kraft-värmeverk	<input type="checkbox"/> Avfallälvipparning
<input type="checkbox"/> Parkeringshus	<input type="checkbox"/> Tunnel/Underjordsanläggning	<input type="checkbox"/> Övrig annan verksamhet	<input type="checkbox"/> Bostad

3. Kriterier

3.1 Vilket av nedanstående kriterier avser denna redogörelse

<p>Vård, omsorg och kriminalvård m.m.</p> <p><input type="checkbox"/> Inrättningar för vård eller omsorg för fler än 3 personer som har hjälpbehov vid utrymning i händelse av brand</p> <p><input type="checkbox"/> Lästa institutioner och anstalter där de intagna är inlästa ständigt eller under viss tid</p>
<p>Förskoleverksamhet, skolverksamhet eller skolbarnomsorg</p> <p><input type="checkbox"/> Förskolor, skolor eller skolbarnomsorg om verksamheten inte enbart är belägen i markplan och där fler än 15 barn eller ungdomar vistas samtidigt</p> <p><input type="checkbox"/> Förskolor, skolor eller skolbarnomsorg i markplan där fler än 90 barn eller ungdomar vistas samtidigt</p> <p><input type="checkbox"/> Förskolor, skolor eller skolbarnomsorg där fler än 5 funktionshindrade barn eller ungdomar med hjälpbehov vid utrymning i händelse av brand vistas samtidigt</p>
<p>Hotell och andra tillfälliga boenden</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnad för hotell, pensionat eller vandrarhem där byggnaden har platser för minst 9 gäster eller har minst 5 gästrum</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnad för elevhem eller förläggningar där byggnaden har platser för fler än 50 personer eller har fler än 25 förläggningsrum</p>
<p>Samlingslokaler m.m.</p> <p><input type="checkbox"/> Samlingslokaler som används av fler än 150 personer</p> <p><input type="checkbox"/> Restauranger och andra liknande verksamheter vilka har tillstånd att servera alkohol och där det finns platser för fler än 50 personer i samma lokal</p> <p><input type="checkbox"/> Fribidsanläggningar där det finns platser för fler än 1 000 personer, helt eller delvis under tak</p>
<p>Industrier</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnader eller andra anläggningar där minst 20 personer är sysselsatta samtidigt i industriverksamheten</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnader eller andra anläggningar med en sammanlagd yta större än 2 500 m²</p> <p><input type="checkbox"/> Industrier för vilka det krävs tillstånd enligt lagen (1988:868) om brandfarliga och explosiva varor</p> <p><input type="checkbox"/> Industrier som omfattas av lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvariga kemikalieolyckor</p>
<p>Byggnader eller anläggningar med stora kulturhistoriska värden</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnader som är byggnadsminnen eller kyrkliga kulturminnen enligt lagen (1988:950) om kulturminnen m.m. med undantag för byggnader som uteslutande används som bostad</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnader som är statliga byggnadsminnen enligt förordningen (1988:1229) om statliga byggnadsminnen m.m.</p> <p><input type="checkbox"/> Statliga museer och andra museer som är berättigade till bidrag enligt förordningen (1996:1588) om statsbidrag till regional kulturverksamhet</p>
<p>Byggnader eller anläggningar vars utformning innebär stor risk för allvariga skador vid brand</p> <p><input type="checkbox"/> Byggnader med flera än 10 våningar ovan mark</p> <p><input type="checkbox"/> Garage som har minst två plan under mark och en sammanhängande yta som är större än 2 000 m²</p> <p><input type="checkbox"/> Tunnelar som är längre än 500 meter avsedda för allmän väg eller allmänna kommunikationsmedel</p>

<p>Postadress Norrköpings kommun Brandförsväret 502 30 Norrköping</p>	<p>Besöksadress Åsrekrukvägen 150</p>	<p>Telefon 011-55 37 09 Telefax 011-55 17 19</p>	<p>E-post brandforsvaret@norrkoping.se internet www.norrkoping.se</p>
---	---	--	---

NKN1085 Utgåva 03 2005 09 www.förmpipe.se

4. Nyttjanderättshavare

4.1 Företag, verksamhetens namn eller, namn Norrköpings Konstmuseum		4.2 Organisationsnummer/Personnummer 212000-0456	
4.3 Besöksadress Kristina platsen		4.4 Utbetringsadress 602 34 Norrköping	
Telefon (även riktnummer) 011-152603		Telefax (även riktnummer) 011-135897	
Telefon mobil 0730202640		E-postadress christel.edstrand@norrkopings.se	
4.5 Verksamhetens kontaktperson(er) mot kommunen, namn Örjan Söderholm		Telefon arbete (även riktnummer) 011-152607	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning Tekniker		Telefon mobil 0730202640	
Namn Mats Arvidsson		Telefon arbete (även riktnummer) 011-152604	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning Tekniker		Telefon mobil 0730202640	
Namn		Telefon arbete (även riktnummer)	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning		Telefon mobil	
Namn		Telefon arbete (även riktnummer)	Telefon hem (även riktnummer)
Befattning		Telefon mobil	

5. Information om verksamheten

5.1 På vilka våningar i byggnaden bedrivs aktuell verksamhet, ovan mark			
<input checked="" type="checkbox"/> Bottenvåning	<input checked="" type="checkbox"/> 2-3	<input type="checkbox"/> 4-8	<input type="checkbox"/> 9-16
<input checked="" type="checkbox"/> -1	<input type="checkbox"/> -2	<input type="checkbox"/> <-3	<input type="checkbox"/> >18
5.2 Verksamhetens bruksarea i m ² 3115		5.3 Tid/Tider på dygnet då verksamheten bedrivs 0800-2000	
5.4 Hur många anställda vistas maximalt i lokalen när verksamheten är igång 13		5.5 Hur många anställda vistas minimalt i lokalen när verksamheten är igång 2	
5.6 Viket största antal personer, utöver de anställda, vistas samtidigt i verksamhetens lokaler 1500			
5.7 Hantverks brandfarlig vara i verksamheten <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej		5.8 om ja, hantverks tillståndspåkiga mängder <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej	
5.9 Hantverks explosiv vara i verksamheten <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nej		5.10 om ja, hantverks tillståndspåkiga mängder <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej	

6. Byggnadstekniskt brandskydd

6.1 Finns aktiva brandskyddsutrustningar			
<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
6.2 Vilka fasta brandskyddsinstallationer finns i verksamheten			
<input type="checkbox"/> Inga	<input checked="" type="checkbox"/> Automatiskt brandlarm	<input type="checkbox"/> Brandvarningslarm	<input checked="" type="checkbox"/> Utrymningslarm
<input type="checkbox"/> Automatisk vattensprinkler	<input type="checkbox"/> Annat släcksystem	<input type="checkbox"/> Brandgasventilation	<input type="checkbox"/> Stigarledning
<input type="checkbox"/> Inomhusbrandpost	<input checked="" type="checkbox"/> Nödbelysning	<input type="checkbox"/> Väglödande markering	<input checked="" type="checkbox"/> Dörmagneter
6.3 Vilka andra brandskyddsredskap finns i verksamheten			
<input type="checkbox"/> Brandfiltar	<input type="checkbox"/> Brandvarnare	<input checked="" type="checkbox"/> Handbrandsläckare	<input type="checkbox"/> Övrigt, specificera nedan
Övrigt			

Postadress Norrköpings kommun Brandförsvaret 602 35 Norrköping NKN7005 Utgåva 05 2005 09 www.norrkoping.se	Besöksadress A bruksvägen 150	Telefon 011-15 17 00 Telefax 011-15 17 79	E-post brandforsvaret@norrkopings.se Internet www.norrkopings.se
--	----------------------------------	--	---

7. Nyttjanderättshavarens organisatoriska brandskydd, drift och underhåll

7.1 Finns överenskommen ansvarsfördelning mellan ägare och nyttjanderättshavare för underhåll och kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet och de fasta brandskyddsinstallationerna			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	<input type="checkbox"/> Inte relevant då ägaren också är nyttjanderättshavare
7.2 Är ansvaret för brandskyddet inom företagsorganisationen klart			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
7.3 Om ja, finns detta dokumenterat samt finns utsedd brandskyddsansvarig			
Dokumentation finns		Brandskyddsansvarig finns	
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nej	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nej
7.4 Finns rutiner för regelbundet underhåll och kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet och de fasta brandskyddsinstallationerna			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
7.5 Om ja, dokumenteras underhållet och kontrollerna			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
7.6 Har personalen kompetens för att sköta tilldelade uppgifter vad gäller skötsel och underhåll av brandskyddet			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
7.7 Finns rutiner för att åtgärda brister som upptäcktes vid kontroll av brandskyddet			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
7.8 Om ja, finns rutinerna dokumenterade			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
7.9 Finns dokumenterade rutiner för tillbudsrapportering och uppföljning av brandtillbud			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	

8. Nyttjanderättshavarens organisatoriska brandskydd, beredskap för brand

8.1 Finns planering för hur lokaler ska utrymmas i händelse av brand			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
8.2 Är all personal informerad om hur utrymning skall ske (även vikarier, visstidsanställda osv)			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
8.3 Genomförs utrymningsövningar i verksamheten			
<input type="checkbox"/> Ja, regelbundet	<input checked="" type="checkbox"/> Ja, enstaka gång	<input type="checkbox"/> Nej	
8.4 Genomförs samordnade utrymningsövningar med övriga verksamheter i byggnaden/anläggningen			
<input type="checkbox"/> Ja, regelbundet	<input type="checkbox"/> Ja, enstaka gång	<input checked="" type="checkbox"/> Nej	<input type="checkbox"/> Inte relevant, det finns inga andra verksamheter i byggnaden
8.5 Vet alla i personalen vilka uppgifter de har i händelse av brand			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
8.6 Har personalen kompetens att utföra uppgifterna de har i händelse av brand			
<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input type="checkbox"/> Nej	
8.7 Om ja, hur upprätthålls och säkerställs kompetensen			
Teoretisk utbildning		Praktisk övning	
<input type="checkbox"/> Regelbundet	<input checked="" type="checkbox"/> Enstaka gång	<input type="checkbox"/> Nej	<input type="checkbox"/> Regelbundet
			<input checked="" type="checkbox"/> Enstaka gång
			<input type="checkbox"/> Nej
8.8 Är verksamheten beroende av att samverka med annan närliggande verksamhet i händelse av brand			
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input checked="" type="checkbox"/> Nej	
8.9 Om ja, är denna samverkan planerad			
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja, delvis	<input checked="" type="checkbox"/> Nej	

Postadress Norrköpings kommun Brandförväret 802 39 Norrköping	Besöksadress Ålbrektsvägen 150	Telefon 011-15 17 09 Telefax 011-15 17 79	E-post brandforvaret@norrkopings.se Internet www.norrkopings.se
---	--	--	--

NKN1065 Utgåva C5 2005-09 www.fortroppe.se

9 Övriga kommentarer eller information

Bio Harlekinen hyr aulan för filmvisning, och har egen personal. Som sköter sitt eget systematiska brandskydds arbete. Nödljus, brandsläckare och högtalar anläggning sköter Konstmuseet och Eventfastigheter tillsammans.

Information enligt 23 och 24 §§ personuppgiftslagen (1998:204, PuL)

Personuppgiftsansvarig: Byggnads- och miljöskydds nämnden

De personuppgifter du lämnar på denna blankett kommer att användas för Norrköpings kommuns administration av skriftlig redogörelse för brandskyddet. Uppgifterna registreras i kommunens diariesystem DiWa.

Enligt 26 § PuL har du rätt att efter ansökan få ett registerutdrag gratis en gång per kalenderår. En sådan ansökan ska vara skriftlig och egenhändigt undertecknad. Om du anser att någon uppgift är fel har du rätt, enligt 28 § PuL, att få uppgiften rättad. Meddela i så fall Byggnads- och miljöskydds nämnden vilken uppgift som är fel och hur den ska rättas.

Personuppgifter i allmänna handlingar hos kommunen kan komma att lämnas ut enligt offentlighetsprincipen till den som begär det.

Postadress
Norrköpings kommun
Brandförsvaret
602 39 Norrköping

Besöksadress
Åbraktsvägen 150

Telefon
011-15 17 09
Telefax
011-15 17 79

E-post
brandforsvaret@norrkopings.se
Internet
www.norrkopings.se

NKN1085 Utgåva 05 2005 09 www.fornpipe.se

Bilaga B – Systematiskt brandskyddsarbete



Norrköpings Konstmuseum Systematiskt brandskyddsarbete

1. Allmänt gäller följande:

**Rädda
Larma 0-112 eller brandlarmsknapp
Varna
Släck
Utrym
Automatisk röst varnar när larmet går**

- Avbryt omedelbart det du håller på med.
- Uppmärksamma andra på att utrymning ska ske.
- Undersök snabbt dina närmaste lokaler.
- Hittar du brand handla enligt rutinen för brand.
- Gå mot ordinarie utgång, stäng alla dörrar efter dig.
- Använd ej hissen.
- Möter du rök, välj alternativ utrymningsväg
- Gå till återsamlingsplatsen, framför huvudentrén.

2. Instruktion för agerande vid brandlarm

2.1 Personal i inre tjänst (när tekniker är på plats)

- Avbryt allt ordinarie arbete.

Tjänstemän:

- Undersök snabbt dina närmaste lokaler .
- Tjänstemän ansvarar för att utrymma och släppa ut besökare från kontorsdelen på sitt våningsplan.
- Uppmärksamma andra på att utrymning ska ske.
- Gå mot närmaste ordinarie utgång, stäng alla dörrar efter dig.
- Möter du rök, välj alternativ utrymningsväg.
- Gå till återsamlingsplatsen, framför huvudentrén.

Tekniker:

1. Var brinner det? Gå till brandlarmskåpet vid personalentrén. Nyckeln sitter i dörren. Läs av på displayen var det brinner. En tekniker stannar kvar vid brandlarmsskåp och inväntar brandkåren. Ropa ut var det brinner och *informera även receptionist*, om museet är öppet. Den andra teknikern beger sig till den plats som utlöst larmet i enlighet med displayen på larmsskåpet. Kontrollera om det brinner.
Brinner det inte så ring omedelbart brandförsvaret på 010-480 45 00 och tala om att det inte brinner och vad som hänt. Vid brand ring 0-112 och bekräfta branden.
2. Gå runt i museet och varna och uppmana besökare och personal att gå ut.
3. Försök släcka.
4. Gå till återsamlingsplatsen framför huvudentrén.

2



Norrköpings Konstmuseum Systematiskt brandskyddsarbete

2.2 Personal i inre tjänst när ingen tekniker är på plats

- Avbryt omedelbart det du håller på med.
- Undersök snabbt dina närmaste lokaler.
- Se till att larmet har gått om du ser brand- tryck på brandlarmssknapp alt ring 0-112.
- Försök släcka om möjligt.
- Möter du rök, välj alternativ utrymningsväg annars gå mot brandlarmsskåp.
- Stäng alla dörrar efter dig.
- Gå till brandskåpet och läs av på displayen var det brinner. Invänta brandkåren vid brandlarmsskåpet.

2.3 Visare med grupp

- Visare ansvarar för gruppen. Gå med gruppen i samlad trupp mot ordinarie utgång. Möter ni rök, gå med gruppen mot alternativ utrymningsväg. Stäng alla dörrar bakom dig. Använd ej hissen vid brand. Om du har rullstolsbundna informerar du övrig personal om detta innan visningen startar. Samla gruppen framför museets huvudentré.

2.4 Personal i yttre tjänst

2.4.1 När tekniker ej är i huset:

1. Var brinner det? Salsvakt/väktare går till brandlarmsskåpet vid personalentrén. Nyckeln sitter i dörren. Läs av på displayen var det brinner. Salsvakt/väktare informerar receptionist var det brinner och beger sig till den plats som utlöst larmet i enlighet med displayen på larmsskåpet. Kontrollera om det brinner.

Brinner det inte så ring omedelbart brandförsvaret på 010-480 45 00 och tala om att det inte brinner och vad som hänt. Vid verklig brand ring 0-112 och bekräfta branden.

2. Gå runt i gallerierna och varna och uppmana besökare att gå ut.
3. Försök släcka.
4. Salsvakt/väktare går sedan till brandlarmsskåp och inväntar brandkåren.
5. Receptionisten stannar i receptionen/foajen och informerar och ber besökare att lämna museet via huvudentré.
- 6.

2.4.2 När tekniker är i huset:

1. Salsvakt går runt i gallerierna och varnar och uppmanar besökare att gå ut.
2. Receptionist får information från tekniker och ringer salsvaktens mobiltelefon och informerar var det brinner.
3. Försök släcka- samordna med tekniker.
4. Receptionisten stannar i receptionen/foajen, om möjligt, och informerar och ber besökare att lämna museet via huvudentré.



Norrköpings Konstmuseum Systematiskt brandskyddsarbete

Tänk på:

- Att alltid undersöka vid påbörjat pass om tekniker är i huset eller om salsvakt/väktare är ansvarig.
- Om besökare lämnar museet via nödutgångarna, var medveten om att det då också går larm från nödutgångarna. Brinner det på riktigt prioriterar vi att rädda, larma och släcka. Brinner det inte måste larmet från nödutgångarna prioriteras efter att vi säkerställt att det inte brinner. Följ rutin för nödutgångslarm. Ta reda på vem som lämnat huset via aktuell nödutgång.
- **Brandkåren har nyckel till museet, så det är ej nödvändigt att stå vid brandlarmsskåpet på helgen och invänta brandkåren. Är det mycket besökare i huset, prioritera istället att få ut besökarna framför att stå vid brandlarmsskåpet.**

2.5 Cafépersonal

- Avbryt omedelbart det du håller på med.
- Uppmärksamma dina kunder i kaféet på att utrymning ska ske.
- Undersök snabbt dina närmaste lokaler.
- Hittar du brand handla enligt rutinen för brand.
- Gå mot ordinarie utgång.
- Är du i köket är alternativ utrymningsväg till höger- se nödutgångsskylt.
- Möter du rök, välj alternativ utrymningsväg.
- Stäng alla dörrar efter dig.
- Gå till återsamlingsplatsen, framför huvudentrén.

2.6 Harlekinen

- Avbryt omedelbart det du håller på med.
- Undersök snabbt dina närmaste lokaler.
- Vid uthyrning och program informera om brandrutiner.
- Tänd ljuset i salongen.
- Uppmärksamma deltagarna att utrymning ska ske, slå upp dörrar och ropa in att utrymning ska ske.
- Hittar du brand handla enligt rutinen för brand.
- Gå mot ordinarie utgång.
- Stäng alla dörrar efter dig.
- Möter du rök, välj alternativ utrymningsväg.
- Gå till återsamlingsplatsen, framför huvudentrén.



Norrköpings Konstmuseum Systematiskt brandskyddsarbete

3. Vid brand, om ej brandlarmet lösts ut

1. Rädda- skrik att det brinner- utrym.
2. Släck om möjligt branden.
3. Starta brandlarmet genom att trycka på någon av brandlarmsknapparna alternativt/och ring 0-112 och informera. Brandlarmsknapparna finns utmärkta på brandlarmsplanerna.
4. Stäng dörrar efter dig.
5. I övrigt enligt rutin vid brandlarm.

4. Utbildning

Vid nyanställning ansvarar brandskyddsansvarig för att en genomgång i huset genomförs med den nyanställda. Denne går igenom direktkopplat brandlarm, nödutgångar, utrymningsvägar, brandsläckare, nödutgångsskyltar, stängning av branddörrar, manuella larmutlösningdon samt vilka dörrar som ska vara låsta.

Varje år ska sedan anordnas av brandskyddsansvarig ett gemensamt tillfälle till repetition och övning i samband med APT

Vart 7:e år ska övningar ske på övningsfält, tillfälle bokas av säkerhetsansvarig.

Var och en av museets anställda **ansvarar** därefter för att säkerställa att de har den kunskap de behöver om:

- **var utrymningskartor är placerade och vad som står på dem.**
- **var nödutgångar är.**
- **var släckare finns.**
- **var brandlarmsknapparna sitter .**
- **hur brandlarmskartan tyds och vilka brandlarmzoner som är var.**
- **att denna rutin är levande och ingår i baskunskaperna.**

Allmänt:

För att förhindra brand, var alltid uppmärksam på blinkande lysrör, dåliga sladdar, lukter. Säg till tekniker.

Enligt brandregler får det vara 1 besökare per kvadratmeter i foajén. Informera säkerhetsansvarig när det kommer media med starka sändare. Starka sändare kan störa brandlarmet så att det går igång. Säkerhetsansvarig kan då stänga av sektioner för att undvika falsklarm.

CBkort Sida 1 av 1

Välj innehåll

Bakgrundskarta

- Tältortskartan
- Häradskartan
- GSD-Fastighetskarta
- GSD Översiktskartan
- GSD Terrängkartan
- Ingen bakgrund

Ortofoto

- Ortofoto - äldre
- Baskarta - lager
- Baskarta

Brandposter

- Brand- och spolposter

Byggnadspunkt

Detaljplaner

Färlig verksamhet

Fastighet

Flygstråk

Fornminne

Föreningad mark

Församling

Havsvattenstånd

Markreservat

Master

Natur

Nyckelkodsområden

Riksintresse

Skogsurval

Snöuppläggning

Skötselytor

Stadsdelar

Vatten

Vindkraftverk

Översiktsplan 2002

Översvämningsanalys

Översvämningskart.

← → 👁 🔍 📏 📄 📌 🖌

Snabbsök

Sök Rita Verk

Teckenförklaring

■ Brandposter

◊ Privata Brandposter

■ Spolposter

© Norrköpings Kommun

SWEREF99 16 30

<http://gisintwin.norrkoping.se:8180/cbkort?profile=intranatkarta&&mapwidth=1501...> 2013-02-11

Bilaga C – SIMULEX

I följande bilaga återfinns ett teori- och begränsningsavsnitt om utrymningsprogrammet SIMULEX. Metoden som har används vid simuleringarna i SIMULEX beskrivs här tillsammans med alla resultat som har erhållits ur programmet.

Teori om SIMULEX

SIMULEX är ett datorprogram som kan användas för att simulera fram människors förflyttningstid vid utrymning av en byggnad. Samtliga simuleringar i rapporten som avser förflyttningstiden är framtagna genom SIMULEX-version 2012.0.1.1.

Programmet använder sig av ritningar i CAD-format (.DXF), varje våningsplan läggs in var för sig i SIMULEX och de kopplas sedan ihop med trappor och länkar. I programmet bestäms även vilka dörrar som ska klassas som utrymningsvägar. När byggnadens geometri är bestämd beräknar programmet avståndskartor, dessa beskriver avstånden till den närmsta utrymningsvägen från varje position i lokalen. Användaren placerar själv ut de personer som ska utrymma i den omfattning som anses lämpligt för det scenario som ska simuleras. Personerna ges fysiska förutsättningar enligt kategorier som till exempel ”male” och ”elder” och kan sedan ansättas en förberedelsetid. Olika karaktärer motsvarar olika egenskaper hos personerna, så som bredd och gånghastighet (Nilsson, 2007).

Efter att simuleringen är klar kan den spelas upp och utrymningen visas visuellt i 2D eller 3D. I standardläget rör sig SIMULEX-personerna mot närmsta utgång, men det kan manuellt ändras i programmet genom att göra vissa nödutgångar osynliga för en viss typ av grupper. På så vis får användaren själv försöka få fram en trolig utrymningsstrategi eftersom det i verkligheten inte alltid är fallet att människor utrymmer via den närmaste utrymningsvägen.⁸

Gånghastigheterna förändras i trappor, när personer går upp för en trappa reduceras deras maximala hastighet till 35 procent och till 50 procent när de går ner för en trappa. En persons gånghastighet sänks när avståndet till en framförvarande individ är mindre än 1,6 meter. När en person hamnar efter någon annan individ som håller en långsammare gånghastighet än sig själv går de om den framförvarande personen vid första bästa tillfälle, dock är förbipassering endast utförbar ifall persontätheten är mindre än 2,0 personer/m² (Nilsson, 2007).

Begränsningar med SIMULEX

Problem som kan uppkomma i programmet är att SIMULEX-personerna kan fastna i trånga passager och runt hörn. Det sker eftersom det är förprogrammerat i SIMULEX att karaktärerna alltid ska ta den kortaste vägen mot utgången. Beteendet finns inte bland verkliga människor eftersom de i större utsträckning kan uppskatta vilken väg som gör att de kommer snabbast fram. I SIMULEX hittar även personerna den närmaste utgången direkt, vilket inte är fallet i verkligheten då personer som inte har god kännedom om byggnaden kan uppvisa ett mer tvekan beteende. Även om simuleringarna i vissa fall kan få felaktiga resultat erhålls ofta en bra uppfattning om var eventuella flaskhalsar kan uppkomma. Det är dock viktigt att vara observant när dessa simuleringar genomförs för att se om eventuella realistiska beteenden kan uppstå, till exempel att personerna fastnar i en trappa.⁹

⁸ Universitetslektor Håkan Frantzich, Avdelning för brandteknik och riskhantering, mail 2008-03-06

⁹ Universitetslektor Håkan Frantzich, Avdelning för brandteknik och riskhantering, föreläsning 2013-01-22

Metod SIMULEX

För att få en trovärdig spridning mellan de olika karaktärer som kan tänkas befinna sig i byggnaden hämtas besöksstatistik från Moderna Museet i Stockholm. Antagandet görs att Norrköpings konstmuseum har en liknande besöksfördelning. Av Moderna Muséets besökare är cirka åtta procent under 19 år, det vill säga till större del barn (Kulturrådet, 2011). I SIMULEX finns karaktären ”child” med och resonemanget förs kring vad ”child”-karaktären motsvarar i verkligheten. Antagandet görs att alla som är över 13 år inte bör ingå i SIMULEX-karaktären ”child” då människor över 13 år anses bete sig som vuxna. Utifrån det görs antagandet att fyra procent av muséets besökare bör klassas som SIMULEX-karaktären ”child”. I utrymningsynpunkt brukar antagandet göras att en procent av lokalens besökare är personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga (Boverket, 2011). I SIMULEX tillhör de karaktären ”disable”. 14 procent av alla moderna muséets besökare är registrerade som pensionärer och resonemanget förs att de kan likställas med SIMULEX-karaktären ”elder”. Av alla Moderna Muséets besökare är 43 procent män och 57 procent kvinnor (Moderna Museet, 2008). Efter att ha beräknat hur många av besökarna som kommer att tillhöra karaktärerna; barn, äldre och handikappade fördelas resterande besökare, med ovanstående procentsatser, på kategorierna män och kvinnor. I Tabell C 1 ses sammanställningen av muséets fördelning över dess besökare. Vid samtliga simuleringar har personerna placerats ut slumpvis. Karaktärernas valda gånghastigheter ses i Tabell C 2.

I SIMULEX-simuleringarna har endast de utrymmande personernas förflyttningstider beräknats, förberedelsetid har inte tagits i beaktande.

Den framtagna spridningen på museibesökarna som visas i Tabell C 1 används som underlag när olika fördelningar på besökarna ska väljas att simuleras i SIMULEX.

Tabell C 1. Sammanställning av en tänkbar spridning museibesökarnas olika karaktärer.

Karaktär	Andel [%]
Män/kvinnor	43/57
Barn	4
Äldre	14
Nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga	1

Tabell C 2. Gånghastigheterna på de olika karaktärer som har simulerats i SIMULEX.

Karaktär	Gånghastighet [m/s]
Män	1,35 ± 0,2
Kvinnor	1,15 ± 0,2
Barn	0,9 ± 0,3
Äldre	0,8 ± 0,3
Nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga	0,8 ± 0,37

Scenario A Galleri 6

De framräknade risknivåerna som berör Galleri 6, se Bilaga D - Händelsesträd, visar att risknivån är att det värsta troliga fallet är när brandlarmet fungerar och att dörren är helt fri eller delvis blockerad. På grund av brandens placering och svårigheten att öppna den alternativa dörren görs antagandet att bara ett fåtal utrymmande människor kommer att välja den alternativa utvägen. Utifrån vad som har sagts ovan väljs därför endast att simulera det scenario där de flesta utrymmande väljer att använda den kända utrymningsvägen och bara ett fåtal går ut genom den alternativa. Utrymningssimuleringarna upprepas 6 gånger fast med olika fördelningar på den utrymmande populationen. Antalet försök valdes till 16 stycken eftersom det anses ge ett representativt resultat.

Tabell C 3 nedan illustrerar de olika valda fördelningarna på museibesökarna som har simulerats i SIMULEX, det totala antalet har varierats precis som det gör i verkligheten men maxantalet på 43 personer, se avsnitt 7.2, överskrids aldrig. Den valda spridningen har sitt ursprung i den framtagna statistiken, se Tabell C 1, av museibesökare, Försök 1 i Tabell C 3 visar spridningen på besökarna utifrån den statistiken. De övriga försöken är valda utifrån att ha statistiken i bakhuvudet men även för att undersöka förflyttningstiden för många olika populationer, det görs för att få fram en godtagbar fördelning på museibesökarnas förflyttningstid.

Förflyttningstiderna är framtagna ur SIMULEX, endast några få besökare antas använda den alternativa utrymningsvägen eftersom den är besvärlig att öppna samt att den är nära branden. Eftersom kapprummet är en egen brandcell antas besökarna ha nått en säker plats när de har utrymt dit, den alternativa utvägen leder ut till det fria och där antas också besökarna vara säkra.

Med de simulerande förflyttningstiderna har en passande fördelning tagits fram med hjälp av programmet @RISK, fördelningen är normalfördelad med medelvärdet 43 sekunder och standardavvikelsen 7 sekunder och dess medelvärde visas i Tabell C 3.

Tabell C 3. Olika fördelningar på museibesökarna som har valts att simuleras i Galleri 6.

Galleri 6								
Försök	Män	Kvinnor	Barn	Äldre	Personer med funktionsnedsättning	Tot. antal	Alt. utrymningsväg	Förflyttningstid [s]
1	15	19	2	6	1	43	2	47
2	10	15	10	5	3	43	5	43
3	9	12	5	10	2	38	0	49
4	20	5	5	6	1	37	0	48
5	16	16	1	3	0	36	1	47
6	11	20	4	7	0	42	10	37
7	9	25	3	3	1	41	7	41
8	17	21	1	1	2	42	3	40
9	5	20	10	7	1	43	15	43
10	20	10	2	10	2	34	0	43
11	3	7	1	3	0	14	0	31
12	7	3	10	7	1	28	3	55
13	2	10	1	1	1	15	2	29
14	3	4	0	3	4	14	0	56
15	8	13	0	7	1	29	5	40
16	11	3	2	10	0	26	0	45
Medelvärde								43

Scenario B Krumeluren

Under objektbesöket observerades det att rummets enda dörr var delvis blockerad, tillsammans med de framtagna risknivåerna rörande Krumeluren, se Figur D 1, väljs det därför att göra två olika scenarier; ett där dörren är helt fri och ett när den är delvis blockerad. De olika valda fördelningarna och personantalet som har valts att simuleras i SIMULEX syns i Tabell C 4 nedan. Rummets maximala personantal, 46 stycken enligt avsnitt 8.2, överskrids dock aldrig i de olika simuleringarna. Antalet försök valdes till 16 stycken eftersom det anses ge ett representativt resultat. Fördelningarna och antalet personer är valda efter en trolig sammansättning av en klass samt efter att täcka in en så stor tänkbar spridning som möjligt. Simuleringar av olika populationer görs för att få fram en godtagbar fördelning på de utrymmandes förflyttningstid.

Förflyttningstiderna är framsimulerande med SIMULEX, eftersom Krumeluren är en egen brandcell antas personerna ha nått en säker plats när de har kommit in till en annan brandcell. Med de framtagna förflyttningstiderna ur SIMULEX har en passande fördelning valts för de båda scenarierna med hjälp av programmet @RISK. I scenariot då dörren är helt fri väljs en lognormal-fördelning, 11;3 sekunder att beskriva förflyttningstiden, fördelningens medelvärde visas i Tabell C 4. Scenariot när dörren är delvis blockerad väljs en logaritmisk-fördelning, 30;2 sekunder för att skildra förflyttningstiden, dess medelvärde illustreras i Tabell C 5.

Tabell C 4. De valda fördelningar på besökare som har valts att simuleras i Krumeluren då dörren är helt fri.

Krumeluren, ej blockerad dörr						
Försök	Män	Kvinnor	Barn	Personer med funktionsnedsättning	Tot. antal	Förflyttningstid [s]
1	2	2	42	0	46	35
2	1	2	12	0	15	28
3	2	1	20	2	25	26
4	0	2	15	1	18	24
5	1	1	18	0	20	25
6	2	0	15	1	18	24
7	1	1	20	0	22	22
8	1	0	30	1	32	33
9	2	0	25	0	27	27
10	2	1	22	4	29	29
11	0	2	21	0	23	28
12	2	0	19	0	21	24
13	1	2	22	2	27	28
14	0	3	29	2	34	29
15	2	0	21	0	23	27
16	1	1	25	1	28	26
Medelvärde						27

Tabell C 5. De valda fördelningar på besökare som har valts att simuleras i Krumeluren då dörren är delvis blockerad.

Krumeluren, delvis blockerad dörr						
Försök	Män	Kvinnor	Barn	Personer med funktionsnedsättning	Tot. antal	Förflyttningstid [s]
1	2	2	42	0	46	40
2	1	2	12	0	15	23
3	2	1	20	2	25	30
4	0	2	15	1	18	25
5	1	1	18	0	20	30
6	2	0	15	1	18	31
7	1	1	20	0	22	28
8	1	0	30	1	32	31
9	2	0	25	0	27	31
10	2	1	22	4	29	33
11	0	2	21	0	23	29
12	2	0	19	0	21	26
13	1	2	22	2	27	32
14	0	3	29	2	34	34
15	2	0	21	0	23	31
16	1	1	25	1	28	33
Medelvärde						30

Scenario C Filmsalen

Genom att studera de framtagna risknivåerna gällande Filmsalen, se Figur D 2, tillsammans med iakttagelser från objektbesöket väljs det att undersöka två stycken olika scenario. Det ena när besökarna endast kan sätta sig på läktarplatserna och det andra när det även finns bänkar placerade framför läktarna där besökarna kan sätta sig. I båda scenarierna kommer branden att blockera den stora utgången och därför måste samtliga utrymma genom de tre mindre dörrarna. Scenariot när det finns utplacerade bänkar framför läktarna antas motsvara då utrymningsvägarna är delvis blockerade, vilket grundar sig i att de försvårar framkomligheten till utrymningsdörrarna. På motsvarande sätt antas scenariot utan bänkar illustrera när utrymningsdörrarna är helt fria.

Antalet försök valdes till 16 stycken eftersom det anses ge ett representativt resultat. Antalet besökare som har simulerats i SIMULEX har varierats men maxantalet i vardera scenario på 100 (med bänkar) respektive 65 (utan bänkar) personer överskreds aldrig, se avsnitt 9.2. Den valda spridningen som har simulerats har sitt ursprung i den framtagna statistiken av museibesökare, se Tabell C 1. Försök 1 i Tabell C 6 och C 7 illustrerar spridningen som den statistiken motsvarar. De övriga försöken är framtagna utifrån inhämtad statistik som grund som sedan har varierats för att undersöka olika tänkbara populationer. Detta görs för att få fram en trolig och godtagbar fördelning på museibesökarnas förflyttningstid. I Tabell C 6 och C 7 nedan illustreras de olika valda fördelningar och personantal som har valts att simuleras i SIMULEX.

Genom att simulera de olika fördelningarna i SIMULEX har förflyttningstiderna tagits fram för de två olika scenarierna. Antagandet görs att branden blockerar den stora utgången och därför måste alla utrymma via de tre mindre dörrarna som leder ut till en liten trappavsatts och sedan ner på plan mark. Först när de utrymmande personerna har nått plan mark anses de ha nått en säker plats.

Utifrån de simulerade förflyttningstiderna ur SIMULEX har en passande fördelning valts för de båda scenarierna med hjälp av programmet @RISK. Scenariot där det finns bänkar framför läktarna väljs en

normalfördelning, 102;25 sekunder, och fördelningens medelvärde visas i Tabell C 6 nedan. Scenariot när det inte finns några uppställda bänkar väljs också en normalfördelning, 82;11 sekunder, och dess medelvärde visas i Tabell C 7.

Tabell C 6. De valda fördelningar på museibesökare som har valts att simuleras i Filmsalen med extra sittplatser.

Filmsalen, med bänkar							
Försök	Män	Kvinnor	Barn	Äldre	Personer med funktionsnedsättning	Tot. antal	Förflyttnings-tid [s]
1	35	46	4	14	1	100	148
2	15	15	20	11	3	64	109
3	20	50	5	7	4	86	122
4	10	20	15	30	0	75	137
5	18	15	8	8	2	51	81
6	6	12	1	15	0	34	56
7	10	17	3	20	5	55	91
8	40	20	2	4	0	66	96
9	12	35	9	6	2	64	95
10	33	40	11	8	1	93	129
11	15	10	7	10	1	43	71
12	28	30	3	7	3	71	100
13	12	14	4	15	0	45	82
14	8	17	12	17	0	54	87
15	36	29	3	13	0	81	121
16	21	37	2	12	2	74	110
Medelvärde							102

Tabell C 7. De valda fördelningar på museibesökare som har valts att simuleras i Filmsalen utan extra sittplatser.

Filmsalen, utan bänkar							
Försök	Män	Kvinnor	Barn	Äldre	Personer med funktionsnedsättning	Tot. antal	Förflyttningstid [s]
1	22	30	3	9	1	65	103
2	20	15	1	8	0	44	74
3	15	22	10	11	3	61	81
4	10	33	7	5	2	57	86
5	10	12	4	15	1	42	89
6	16	28	5	7	2	58	87
7	13	25	0	6	0	44	75
8	10	10	5	20	0	45	79
9	11	19	9	5	4	48	89
10	9	16	15	4	3	47	76
11	16	9	0	8	1	34	72
12	15	20	4	11	1	51	79
13	13	15	2	7	0	37	62
14	13	25	6	6	0	50	88
15	11	16	7	9	0	43	74
16	20	17	11	12	2	62	99
Medelvärde							82

Bilaga D - Statistik och händelsetråd

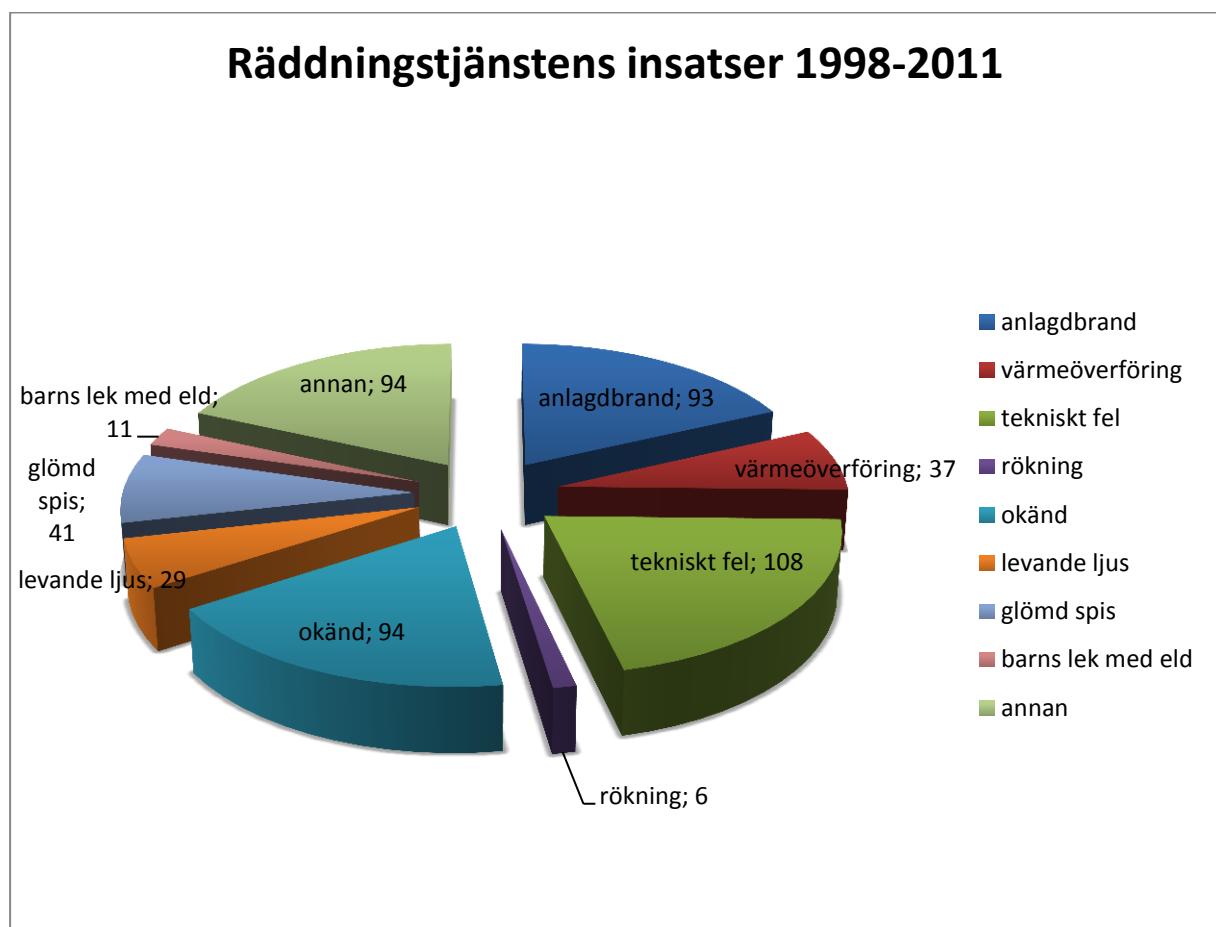
I denna bilaga kommer den statistik som har använts i arbetet att presenteras. Även ett händelsetråd, som ligger till grund för vilka simuleringar som har genomförts, redovisas i bilagan tillsammans med resonemang kring det.

Bakgrundsstatistik

Enligt statistik från MSB:s databas IDA, (MSB 2, 2011), går ungefär 0,3 procent, 513 stycken, av räddningstjänstens utryckningar vid verklig brand till teatrar, biografier, muséer eller bibliotek.

Bränderna är oftast anlagda eller orsakade av ett tekniskt fel. På dessa 513 tillbud blev endast en person svårt skadad och 15 lindrigt skadade. Ingen har under åren 1998 – 2011 omkommit vid brand i teater, biograf, museum eller bibliotek.

Figur D 1 nedan visar statistik över brandorsak för teatrar, biografier, muséer eller bibliotek. Uppgifterna är från riktiga bränder mellan 1998 och 2011 (MSB 2, 2011).



Figur D 1. Fördelningen av vilken brandorsak som är mest frekvent i teatrar, biografier, muséer eller bibliotek.

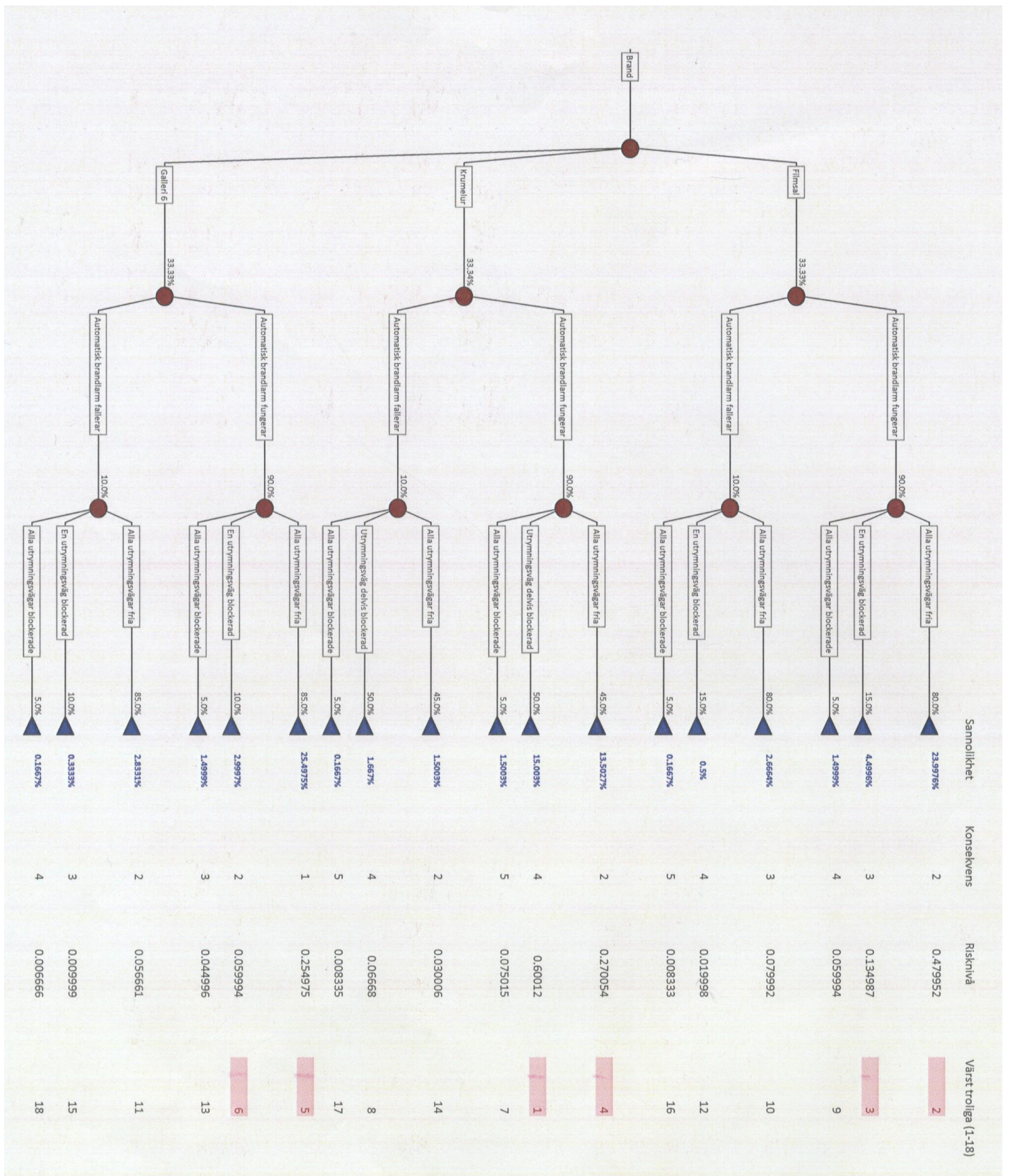
Händelseträäd

Då utrymningsmöjligheterna kan ha varierande utseende i verkligheten görs en fördjupad analys av scenarierna med hjälp av ett händelseträäd. Analysen blir mer detaljerad och kontrollerar hur utrymningen påverkas om några tekniska eller organisatoriska system inte fungerar som förutsatt. Det görs för att få en tydligare bild av hur troliga de olika scenarierna är samt om säkerheten är tillfredsställande i de olika utrymningsförloppen (Davidsson, o.a, 2003). De sannolikheter som presenteras för händelserna har sin grund i befintlig statistik men även kvalitativa bedömningar, med avseende på hur situationen vid objektsbesöket uppfattades. För mer information om detta se avsnitt ”Antagna procentsatser för händelseträdet”. Konsekvenserna bygger även dem på kvalitativa resonemang och delas in i en skala 1-5 där 5 är den värsta kombinationen av händelser.

I en rapport skriven av Davidsson, o.a., (2003) framställs statistik från Storbritannien med avseende på tillförlitligheten hos automatiska brandlarm. Eftersom brandlarmet på objektet är automatiskt anses statistiken vara representativ för denna rapport. Den menar på att i 90 procent av fallen fungerar det automatiska brandlarmet med rökdetektorer korrekt (Davidsson, o.a, 2003). Om systemet skulle falla medför det en längre utrymningstid eftersom varseblivningstid en ökar. Konsekvenserna av att det automatiska brandlarmet inte fungerar är olika på de valda platserna. Varseblivningstiden anses ha störst påverkan i Filmsalen eftersom branden är dold och behovet av en snabb detektion därmed är nödvändig. Även varseblivningstiden i Krumeluren påverkas, men eftersom besökarna kan upptäcka branden visuellt på ett enklare sätt där blir konsekvensen inte lika stor som i Filmsalen. I Galleri 6 anses varseblivningstiden bli längre om det automatiska brandlarmet inte skulle fungera, men konsekvensen blir inte nämnvärt större då besökarna fortfarande har en god möjlighet att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Om utrymningsvägarna är blockerade kan även det påverka tiden för utrymning. Brandscenarierna i Filmsalen och Galleri 6 undersöks vidare genom att studera hur de påverkas om båda utrymningsvägarna är blockerade, om enbart en är det eller om ingen är blockerad. I fallet med Krumeluren finns bara en utrymningsväg och det undersöks då hur påverkan blir om den är helt, delvis eller inte blockerad. Det som påverkas är besökarnas förflyttningstid. Även i detta avseende blir konsekvensen olika för de valda utrymnarna. I Krumeluren blir konsekvensen störst eftersom där endast finns en utrymningsväg och om den blir blockerad kan det få fatala följder. Likaså kan konsekvenserna i Filmsalen bli höga om en utrymningsväg blockeras, särskilt om den stora ingången till salen blockeras. Då återstår endast de tre små utrymningsvägarna och dessa är inte godkända som utrymningsvägar enligt dagens regelverk. På grund av att de är så smala kan det resultera i en betydligt längre utrymningstid än om de varit normalbreda. Galleri 6 anses inte påverkas speciellt mycket av om en utrymningsväg blir blockerad eftersom det i utrymmet finns två stora, fungerande utrymningsvägar som kan användas på ett tillfredsställande sätt.

Den relativa sannolikheten och konsekvensen för respektive scenario och händelse sammanvägs i en risknivå, vilket presenteras i ett händelseträäd, se Figur D 2. Utifrån händelseträdet väljs sedan de sex scenarier som är de värsta troliga för att vidare analysera dessa. Scenarierna täcker in alla de utvalda utrymnarna för att kunna ge en överskådlig bild av alla lokaler.



Figur D 2. Händelsetrådets uppbyggnad.

Antagna procentsatser för händelseträdet

Procentsatserna som används i händelseträdet har sin grund i kvalitativa bedömningar som gjordes vid besöket på objektet. Det finns inget underlag gällande sannolikheten för att brand uppstår i något av scenarierna. Därför ansätts sannolikheten till 33 procent i samtliga scenarier för att sedan kunna göra en jämförelse mellan dess risknivåer.

Gällande Filmsalen ses procentsatserna i Tabell D 1 nedan. Vid besöket fanns inget som antydde till blockering av någon av utrymningsvägarna i Filmsalen, däremot påpekades det av personal på plats att det emellanåt kunde finnas extra uppsatta stolar eller bänkar i lokalen. Placeringen av dessa kan innebära att de tre små utrymningsdörrarna blir blockerade vid händelse av utrymning ur lokalen. Att båda utrymningsvägarna skulle vara blockerade anses vara osannolikt och därför antas sannolikheten för den händelsen vara fem procent. Procentsatserna är bestämda efter bedömningen att det i normala fall inte är någon utrymningsväg blockerad, att extra uppsatta stolar eller bänkar används vid få tillfällen och att det är osannolikt att båda utrymningsvägarna skulle vara blockerade.

Tabell D 1. Procentsatser som används i händelseträdet för Filmsalen.

	Fria utrymningsvägar	En utrymningsväg blockerad	Alla blockerade
Sannolikhet [%]	80	15	5

I Tabell D 2 redovisas de procentsatser för Krumeluren som har använts i händelseträdet. I utrymmet finns endast en utrymningsväg och vid platsbesöket var den delvis blockerad av ett staffli. Med avseende på det är det antagligen inte särskilt ovanligt att stafflier eller andra föremål är placerade framför utrymningsvägen. Det är förmodligen även vanligt att utrymningsvägen är helt fri då föremålen som placeras framför utrymningsvägen är lätta att flytta på och placera på andra ställen. Eftersom det som tidigare nämnt endast finns en utrymningsväg är det osannolikt att den skulle vara helt blockerad. Ovanstående anledningar ligger till grund för de procentsatser som har använts i händelseträdsanalysen.

Tabell D 2. Procentsatserna som används i händelseträdet för Krumeluren.

	Fri utrymningsväg	Utrymningsväg delvis blockerad	Utrymningsväg helt blockerad
Sannolikhet [%]	45	50	5

Gällande Galleri 6 presenteras procentsatserna som använts i händelseträdet i Tabell D 3.

Procentsatserna grundar sig i att inget antydde till möjlighet till blockering av utrymningsvägarna vid platsbesöket. Det kan dock förekomma tillfällen där man temporärt placerar föremål som kan blockera en utrymningsväg. Det är dock osannolikt att båda dörrarna blir blockerade eftersom ingången måste vara fri för personer att ta sig in i galleriet. Resonemangen som är förda ovan har använts vid bedömningen av lämpliga procentsatser.

Tabell D 3. Procentsatserna som används i händelseträdet för Galleri 6.

	Fria utrymningsvägar	En utrymningsväg blockerad	Båda utrymningsvägarna blockerade
Sannolikhet [%]	85	10	5

Bilaga E - Handberäkningar

Bilaga E – Handberäkningar inleds med en teorigenomgång av i rapporten använda ekvationer, samt deras användningsområden och begränsningar. Efter detta redovisas de resultat som gjorts med ekvationerna under rubriken ”Genomförda beräkningar”.

Teori

I detta avsnitt beskrivs teori om de ekvationer som använts för handberäkningar i rapporten. Handberäkningarna är främst gjorda för att få en uppfattning om resultaten från CFAST- och FDS-simuleringarna är rimliga.

Syretillgång i brandrum

För att undersöka hur mycket energi som kan frigöras i ett rum kan Ekvation 5 och 6 från Karlsson & Quintiere (2000) användas.

Ekvation 6 beskriver hur mycket energi syret i ett rum kan frigöra utan något tillskott av ny luft medan Ekvation 5 istället beskriver hur mycket energi flödet av luft genom en öppning kan frigöra. För att kunna använda dessa måste en lägsta syrenivå i luften bestämmas. Ett värde på 15 procent beskrivs i Karlsson & Quintiere (2000) men syrenivån varierar något mellan olika bränslen och i dimensioneringssammanhang är det konservativt att välja ett lägre värde.

För att bestämma ingångsvariablerna till ekvation 5 och 6 har ekvation 2,3 och 4 använts.

Ekvation 2 används för att beräkna avståndet från golvet till neutralplanet, det plan där varma brandgaser möter kallare omgivande luft. Detta avstånd används för beräkning av massflöde luft in i ett rum. Ekvation 3 används för att beräkna densitet på luft av angiven temperatur och Ekvation 4 beskriver massflödet in i ett rum (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$h_l = \frac{H_0}{1 + (\rho_a / \rho_g)^{1/3}} \quad (\text{Ekvation 2})$$

$$\rho = \frac{353}{T} \quad (\text{Ekvation 3})$$

$$\dot{m}_a = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot W \cdot \rho_a \cdot h_l^{3/2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (\rho_a - \rho_g) \cdot g}{\rho_a}} \quad (\text{Ekvation 4})$$

$$\dot{Q} = 13100 \cdot (0,23 - 0,12) \cdot \dot{m}_a \quad (\text{Ekvation 5})$$

$$Q = 13100 \cdot \rho_a \cdot (0,23 - 0,12) \cdot V \quad (\text{Ekvation 6})$$

T	Temperatur [K]
C_d	Flödeskoefficient [-]
W	Bredd på öppningen [m]
ρ_a	Densitet för luft [kg/m ³]
ρ_g	Densitet för brandgaser [kg/m ³]
H_0	Höjd på öppningen [m]
g	Tyngdaccelerationen [m/s ²]
h_1	Avstånd från golv till neutralplanet [m]
\dot{m}_a	Massflöde luft in i rummet [kg/s]
\dot{Q}	Effektutveckling [kW]
Q	Energi [kJ]
V	Volym [m ³]

Flamhöjd

För att bestämma flamhöjden beräknas först en dimensionslös effektutveckling med Ekvation 7. Denna används för att bättre beskriva brandplymens geometri som varierar med olika typer av bränslen. Flamhöjden beräknas därefter med Ekvation 8.

Begränsningar med flamhöjdsberäkningar är liknande begränsningarna för strålning. Eftersom flammor oftast är turbulenta är ett konstant värde på flamhöjden ingen bra approximation. Ibland används medelflamhöjd för att beskriva en flamma och ofta bygger de matematiska uttrycken för flamhöjd på experiment med olika vätskor. Dessa experiment beaktar inte alla de fenomen som spelar in vid användandet av fasta bränslen. Ekvation 7 kan dock fungera som en grov approximation till hur fasta bränslen fungerar vid flamhöjdsbestämning (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_a \cdot c_p \cdot T_a \cdot \sqrt{g \cdot D_f} \cdot D_f^2} \quad (\text{Ekvation 7})$$

$$L_f = 3,7 \cdot D_f \cdot \dot{Q}^{*2/5} - 1,02 \cdot D_f \quad (\text{Ekvation 8})$$

\dot{Q}^*	Dimensionslös effektutveckling [-]
ρ_a	Densitet för luft [kg/m ³]
c_p	Specifik värmekapacitet vid konstant tryck [kJ/(kg·K)]
T_a	Omgivningstemperatur [K]
g	Gravitationskonstanten [m/s ²]
D_f	Flammans diameter [m]
L_f	Flamhöjd [m]

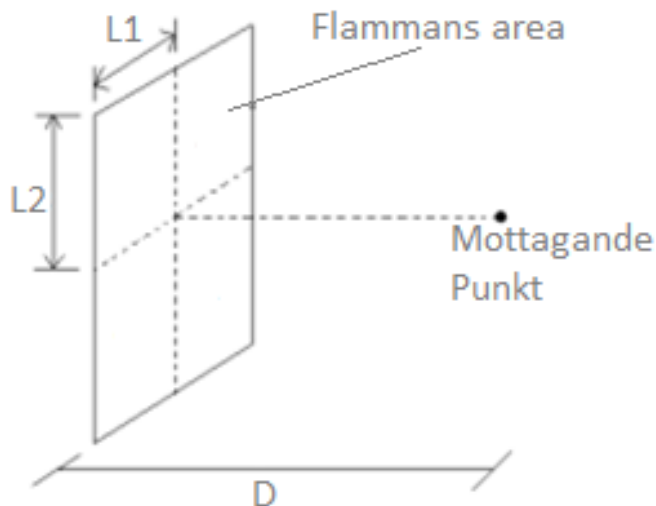
Strålningsberäkningar

I rapporten används två olika modeller för att beräkna strålning.

Den första modellen som använts är ”Platta till punkt”-modellen. Ekvation 9 och 10 används för att bestämma synfaktorn, alltså den del av strålningen från plattan som träffar punkten. Synfaktorn gäller för en fjärdedel av plattan som strålar, se Figur E 1, och den totala synfaktorn blir då fyra gånger så stor. Resultaten från Ekvation 9 och 10 används för att läsa av synfaktorn i Tabell E 1.

Ekvation 11 beskriver hur mycket strålningsenergi som generas per kvadratmeter beroende av synfaktorn och flamtemperaturen. Flamtemperaturen har stor betydelse för resultatet då denna faktor påverkar exponentiellt och för att vara konservativa kan en hög flamtemperatur användas.

Att flamtemperaturen påverkar så mycket är en av modellens svagheter. Resonemang om att flamman avger värme via värmeledning till material i kontakt med flamman, till exempel en vägg, gör det mycket svårt att uppskatta en flamtemperatur. En annan nackdel med denna modell är att flamman approximeras till en platta. En turbulent flamma innebär att ytan varierar hela tiden och förändras efterhand som branden sprider sig.



Figur E 1. Uppställning för beräkning av synfaktorn, återskapad från Drysdale (2011).

Tabell E 1. Tabell som används för bestämning av synfaktorn, återskapad från Drysdale (2011).

α	S=1	S=0.9	S=0.8	S=0.7	S=0.6	S=0.5	S=0.4	S=0.3	S=0.2	S=0.1
2.00	0.178	0.178	0.177	0.175	0.172	0.167	0.161	0.149	0.132	0.102
1.00	0.139	0.138	0.137	0.136	0.133	0.129	0.123	0.113	0.099	0.075
0.90	0.132	0.132	0.131	0.130	0.127	0.123	0.117	0.108	0.094	0.071
0.80	0.125	0.125	0.125	0.124	0.122	0.120	0.116	0.111	0.102	0.089
0.70	0.117	0.116	0.116	0.115	0.112	0.109	0.104	0.096	0.083	0.063
0.60	0.107	0.107	0.106	0.105	0.103	0.100	0.096	0.088	0.077	0.058
0.50	0.097	0.096	0.096	0.095	0.093	0.090	0.086	0.080	0.070	0.053
0.40	0.084	0.083	0.083	0.082	0.081	0.079	0.075	0.070	0.062	0.048
0.30	0.069	0.068	0.068	0.068	0.067	0.065	0.063	0.059	0.052	0.040
0.20	0.051	0.051	0.050	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.040	0.032
0.10	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.027	0.026	0.024	0.021
0.09	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.022	0.019
0.08	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.020	0.017
0.07	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018	0.016
0.06	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.016	0.014
0.05	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013
0.04	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010
0.03	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008
0.02	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
0.01	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad (\text{Ekvation 9})$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} \quad (\text{Ekvation 10})$$

$$\dot{q}''_r = \Phi_{tot} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_f^4 \quad (\text{Ekvation 11})$$

- Φ Synfaktorn [-]
- Φ_{tot} Totala synfaktorn [-]
- w Flambredd [m]
- h Flamhöjd [m]
- L_1 Halva flambredden [m]
- L_2 Halva flamhöjden [m]

Bilaga E - Handberäkningar

A_f	Flamarea [m^2]
D	Avstånd till mottagare [m]
ε	Emissivitet [-]
σ	Blotzmans konstant [$W/(m^2 \cdot K^4)$]
T_f	Flamtemperatur [K]
α	Variabel för beräkning av synfaktor [-]
S	Variabel för beräkning av synfaktor [-]

Den andra modellen som används är ”Point source”-modellen

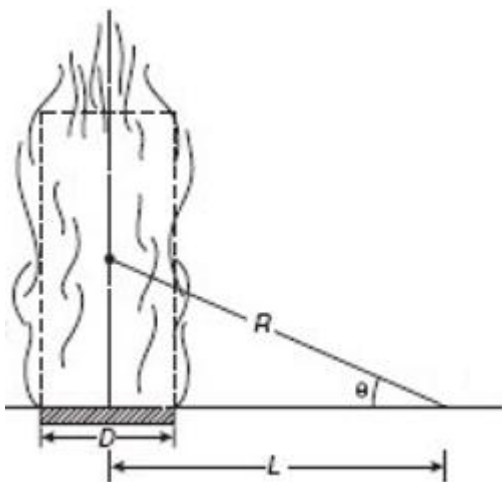
Ekvation 12 beskriver strålning från en punktkälla enligt uppställningen i Figur E 2.

Modellen bygger på ett par antaganden om branden. Första antagandet är att branden är eller går att likna vid en pölbrand. Det vill säga att området som brinner är så gott som cirkulärt. Nästa antagande är att strålningen utgår från en punktkälla mitt i flamman som har isotropiska egenskaper.

Det finns även begränsningar som man måste vara medveten om när modellen används. Nedan följer en lista med begränsningar för modellen.

- ”Point source”-modellen är en förenklad modell av en pölbrand
- Den viktigaste parametern i modellen är uppskattningen av strålningsfraktionen
- Metoden är känd för att underskatta strålningsintensiteten nära branden
- Modellen fungerar bäst vid resultat på under 5 kW/m^2 vid målet
- Modellen har en felmarginal på fem procent gentemot uppmätta resultat när relationen ”sträckan till målet genom diameterna på branden” är större än 2,5 ($L/D > 2,5$)
- Modellen ger bättre resultat vid större avstånd från branden

(Fleury, 2010)



Figur E 2 Uppställning vid beräkning med Point source modellen, återskapad från Fleury (2010).

$$\dot{q}''_r = \frac{\chi_r \cdot \dot{Q} \cdot \cos \theta}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \quad (\text{Ekvation 12})$$

\dot{q}''_r	Strålningsintensitet [kW/m ²]
χ_r	Strålningsfraktion av branden [-]
R	Avstånd till mottagare [m]
π	Pi [-]
θ	Vinkeln mellan flammans normal och mottagaren [°]

Brandgaslager

Beräkning av brandgaslagrets höjd beräknas med Ekvation 14 där konstanten (k) fås genom Ekvation 13.

Innan brandgaslagret kan beräknas måste ett antagande om konstant densitet för brandgaserna göras. Detta betyder att bäst resultat fås då det tar lång tid för brandgaslagret att öka i temperatur, till exempel i stora utrymmen eller vid små bränder. Antagandet innebär också att effektutvecklingen inte behöver vara konstant under beräkningsgången utan kan beskrivas som en αt^2 -kurva.

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \cdot \left(\frac{\rho_a^2 \cdot g}{c_p \cdot T_a} \right)^{1/3} \quad (\text{Ekvation 13})$$

$$z = \left(k \cdot \frac{\alpha^{1/3}}{s} \cdot \frac{2 \cdot t^{(1+n/3)}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2} \quad (\text{Ekvation 14})$$

ρ_a	Densitet för luft [kg/m ³]
ρ_g	Densitet för brandgaser [kg/m ³]
c_p	Specifik värmekapacitet vid konstant tryck [kJ/(kg·K)]
T_a	Omgivningstemperatur [K]
T_g	Brandgastemperatur [K]
H	Rumshöjden [m]
g	Gravitationskonstanten [m/s ²]
k	Konstant för beräkning av brandgaslagrets höjd [-]
α	Brandtillväxthastighet [kW/s ²]

Bilaga E - Handberäkningar

t	tid [s]
S	Golvarea [m ²]
n	Brandtillväxthastighetsexponent [-]
z	Brandgaslagrets höjd över golvet [m]

Genomförda beräkningar

Nedan följer beräkningar gjorda med ekvationer introducerade i teoriavsnitt ovan. Resultaten används till störst del för att kontrollera att simuleringarna gjorda i rapporten ger rimliga resultat.

Beräkningarna är indelade efter vilka egenskaper som berörs och kommer i följande ordning:

- Syretillgång
- Flamhöjd
- Strålning
- Brandgaslager

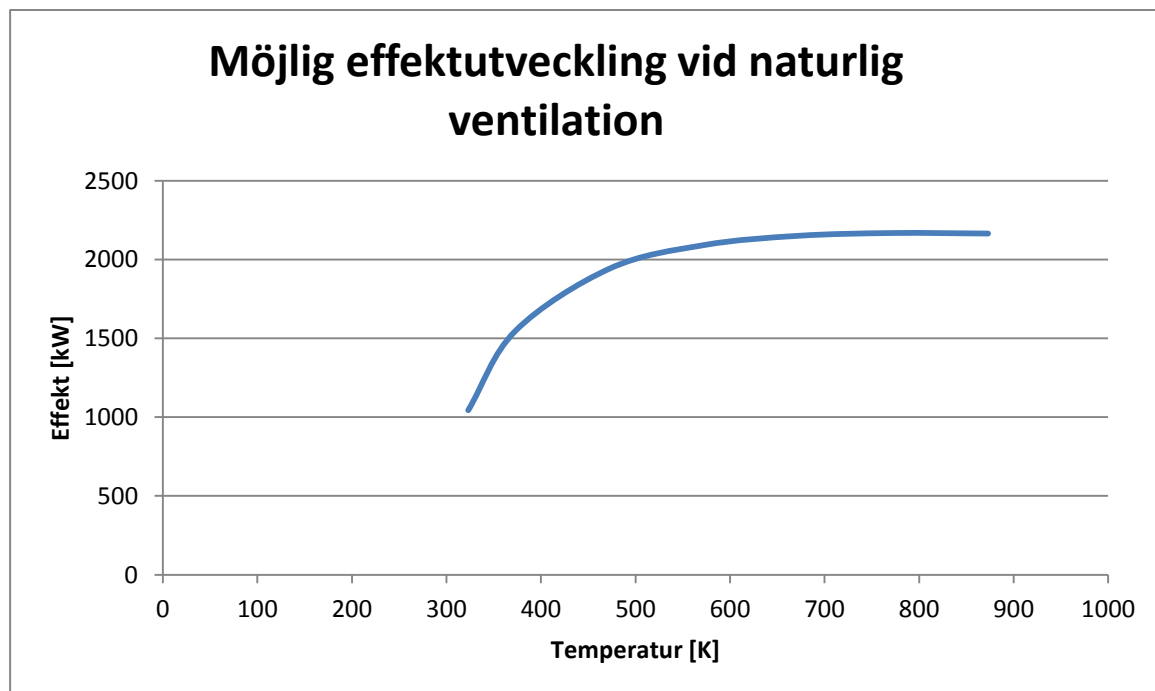
Under varje beräkningsområde hittas resultat av beräkningar för respektive scenario.

Kontroll av syretillgång

Vid kontroll av brandrummets syretillgång i de olika scenarierna beräknas både den mängd syre som finns i rummet från början samt det syre som tillkommer från dörröppningar genom naturlig ventilation under brandförloppet.

Syretillgång genom ventilation

För att göra en grov uppskattning av hur stor brand syretillförseln i de olika rummen kan underhålla användes Ekvation 5. I alla scenarier förenklades arean för ventilation till en dörr med arean 2 m^2 och temperaturerna varierades mellan 50 och $600 \text{ }^\circ\text{C}$. Flödeskoefficient C_d sätts till 0,7 (Karlsson & Quintiere, 2000) och densitet beräknas enligt Ekvation 3, se Tabell E 2. Resultaten redovisas i Figur E 3.



Figur E 3. Möjlig effektutveckling vid naturlig ventilation.

Tabell E 2. Indata för beräkningar av tillgänglig energi från naturlig ventilation.

Beteckning	Värde						
T	323	373	473	573	673	773	873
C_d	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
W	1	1	1	1	1	1	1
ρ_a	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ρ_g	1.09	0.95	0.75	0.62	0.52	0.46	0.40
H₀	2	2	2	2	2	2	2
g	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81
hl	0.98	0.96	0.92	0.89	0.86	0.84	0.82
m_a	0.72	1.07	1.35	1.45	1.49	1.50	1.50

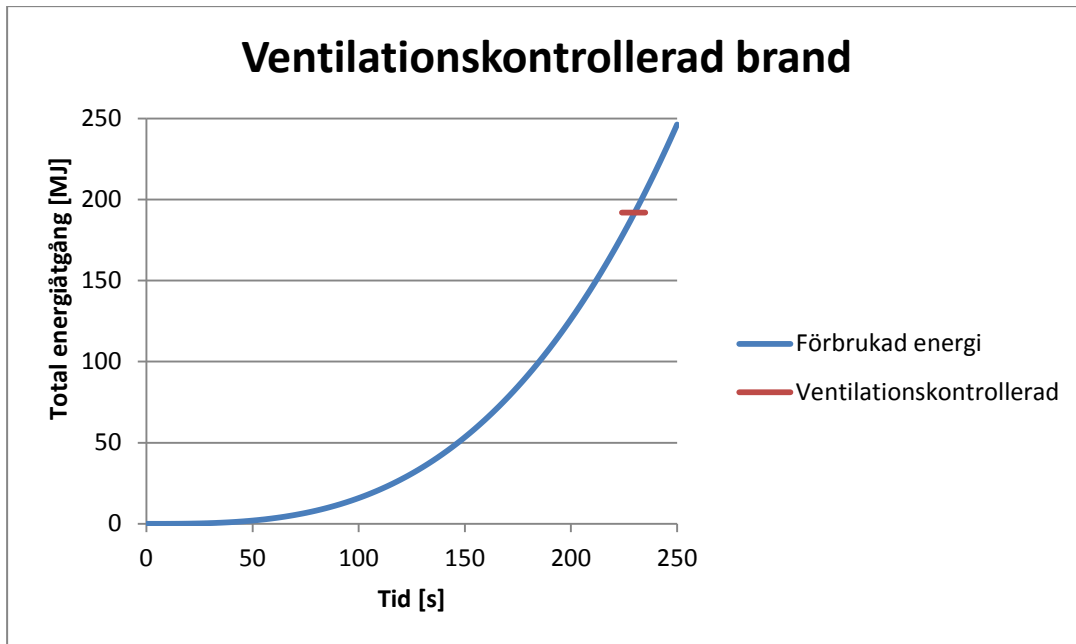
Ur resultaten i Figur E 3 kan det utläsas att syret inte kommer att räcka till att underhålla aktuella bränder hur länge som helst. För att få en större förståelse för om detta sker inom den tid som är aktuell för utrymning görs även beräkningar för att kontrollera hur långt brandförlopp det befintliga syret räcker till.

Syretillgång från luftvolymen som finns i rummet från början

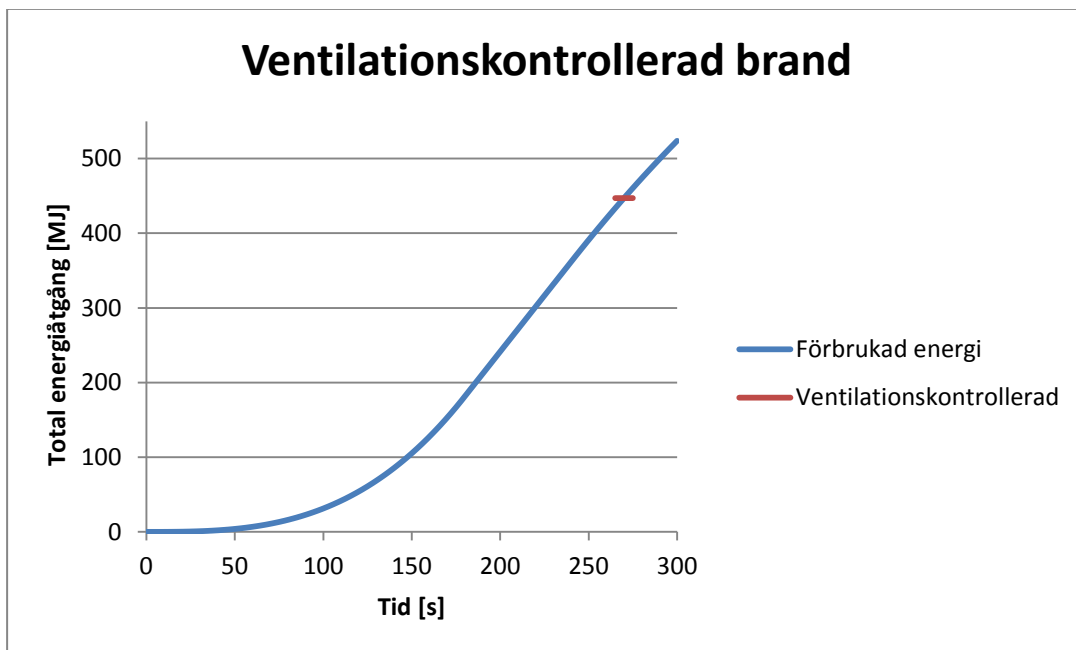
För att kontrollera om branden blir ventilationskontrollerad innan utrymning är genomförd används Ekvation 6 som visar hur mycket energi syret i ett rum kan frigöra. Lägsta syrenivån har satts till tolv procent. Resultaten presenteras sammanfattat i Tabell E 3 och uppdelat för varje scenario i Figur E 4 – E 6 där även tiden till branden blir ventilationskontrollerad finns utmärkt. Tiden tills det att branden blir ventilationskontrollerad tas fram genom att integrera scenariernas olika effektkurvor och jämföra resultatet med rummets möjliga frigjorda energi.

Tabell E 3. Möjlig frigjord energi för den mängd syre som finns i rummet från början av scenariot.

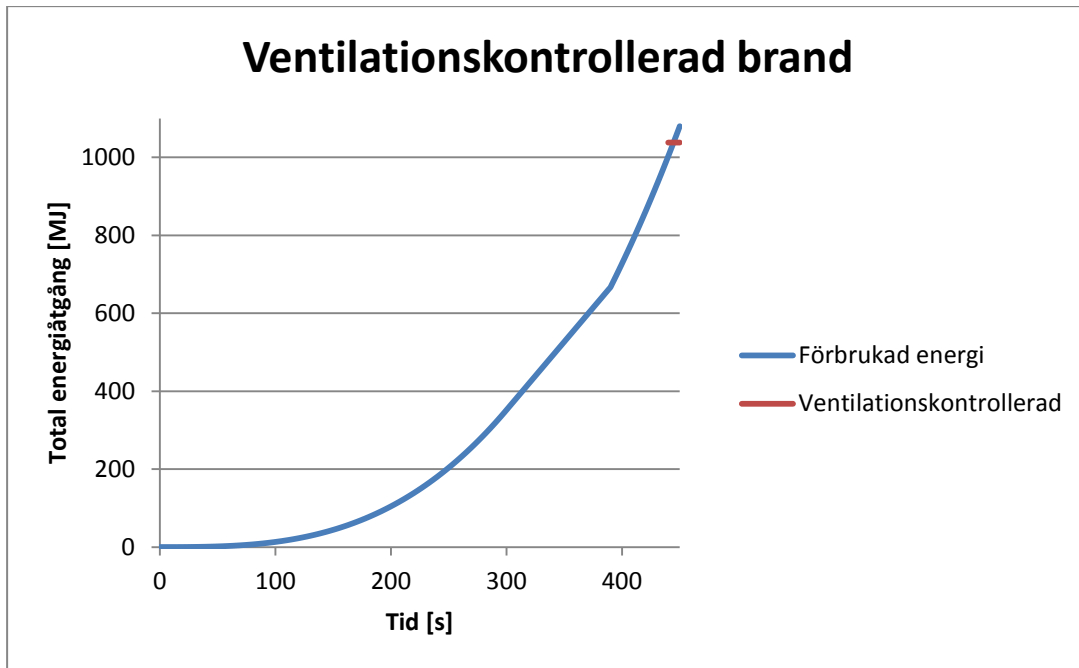
Scenario	Beräkning	Möjlig frigjord energi i rummet [kJ]	Tid till ventilationskontrollerad brand [s]
A	$13100 \cdot 1,2 \cdot (0,23 - 0,12) \cdot 111$	19194	231
B	$13100 \cdot 1,2 \cdot (0,23 - 0,12) \cdot 259$	447088	270
C	$13100 \cdot 1,2 \cdot (0,23 - 0,12) \cdot 600$	1038093	445



Figur E 4. Förbrukad energi av branden i Scenario A samt markering där det befintliga syret i rummet tar slut.



Figur E 5. Förbrukad energi av branden i Scenario B samt markering där det befintliga syret i rummet tar slut.



Figur E 6. Förbrukad energi av branden i Scenario C samt markering där det befintliga syret i rummet tar slut.

I verkligheten förskjuts tiden till ventilationskontrollerad brand något på grund av läckage och öppningar. Bränderna blir inte ventilationskontrollerade i något av scenarierna innan alla människor har hunnit utrymma lokalerna enligt resultat från SIMULEX. Eftersom rapporten endast behandlar utrymning är brandutvecklingen efter utrymning inte aktuell att undersöka vidare och därför behövs ingen ytterligare hänsyn tas till när branden blir ventilationskontrollerad.

Flamhöjd

Flamhöjden beräknas med Ekvation 7 och 8 för att få ett underlag till strålningsberäkningar som är beroende av flamarean. Det finns förhållanden som i vissa fall gör det svårt eller omöjligt att använda dessa resultat. Exempel på detta är när flamman slår i taket eller hindras på andra sätt.

Nedan följer beräkning för respektive scenario.

Scenario A:

Eftersom strålningen i Scenario A kommer vara begränsad av en dörröppning så görs inga beräkningar för flamhöjd.

Scenario B:

$$0,48 = \frac{3000}{0,85 \cdot 1 \cdot 413 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2} \cdot 2^2}$$

$$3,5 = 3,7 \cdot 2 \cdot 0,48^{2/5} - 1,02 \cdot 2$$

Flamhöjden blir 3,5 meter vilket är mer än avståndet till taket, därför kommer taket vara begränsande för flammans höjd. Med anledning av det kommer flamhöjden vid strålningsberäkningar att begränsas till två meter.

Scenario C:

I detta scenario kommer flammorna att begränsas av läktaren och därför kommer flammhöjden likställas med det fria avståndet mellan golvet och kanten på läktaren.

Strålning

Strålningen beräknas med två olika modeller, ”Platta till punkt”- och ”Point source”-modellen. Resultaten för respektive modell och scenario redovisas nedan.

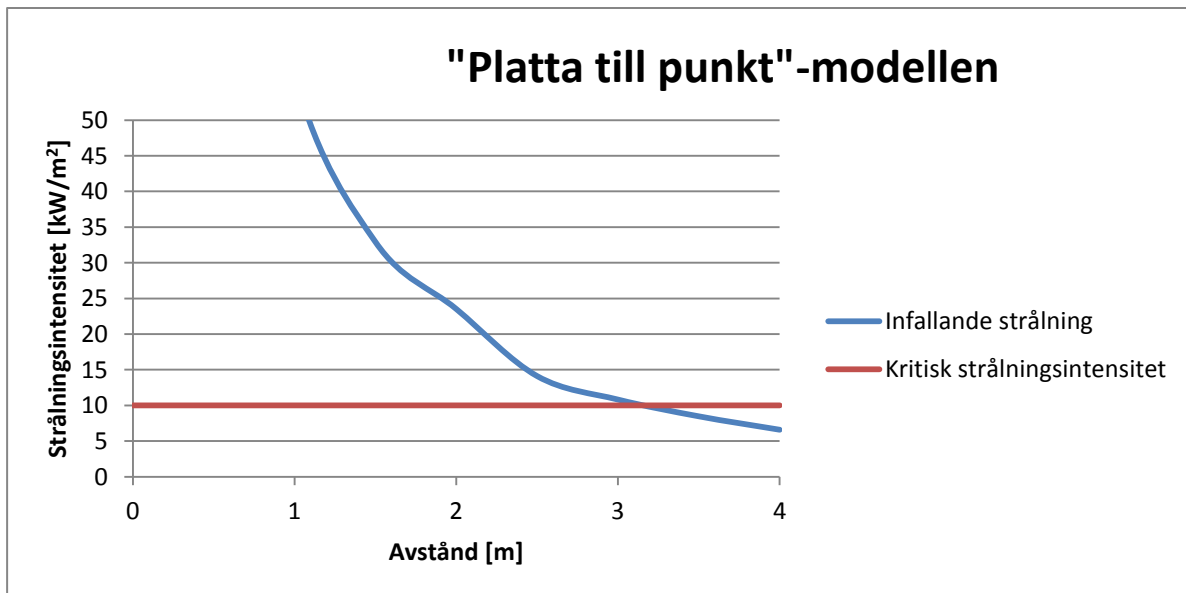
För ”Platta till punkt”-modellen används Ekvation 9 – 11 och för ”Point source”-modellen används Ekvation 12

Scenario A:

I Scenario A kommer inga människor bli tvungna att vistas i närheten av branden och eftersom det är personsäkerheten som kontrolleras med strålningsberäkningar så görs inga på detta scenario.

Scenario B:

Nedan redovisas strålningsberäkningarna gjorda för Scenario B.



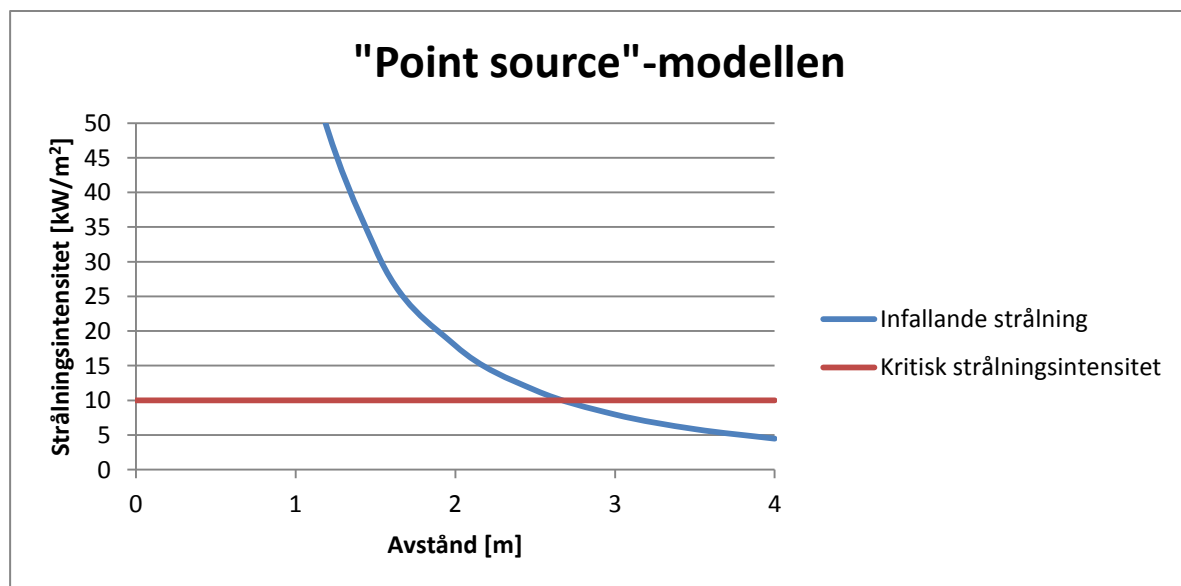
Figur E 7. Resultat från strålningsberäkningar gjorda med ”platta till punkt”-modellen för Scenario B.

Tabell E 4. Indata till strålningsberäkning med "platta till punkt"- modellen för Scenario B.

Beteckning	Värde							
Avstånd från flaman [m]	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
w	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
h	2	2	2	2	2	2	2	2
L1	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
L2	1	1	1	1	1	1	1	1
A	3	3	3	3	3	3	3	3
S	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
α	3	0.75	0.33	0.19	0.12	0.08	0.06	0.05
φ	1	0.12	0.07	0.05	0.03	0.023	0.018	0.014
φ_{tot}	1	0.48	0.28	0.2	0.12	0.092	0.072	0.056

Figur E 7 visar resultaten av strålningsberäkningar gjorda med indata enligt Tabell E 4. Strålningen är kritisk upp till tre meter från flaman.

Nedan följer resultat och indata från Point source-modellen, se Figur E 8 och Tabell E 5.



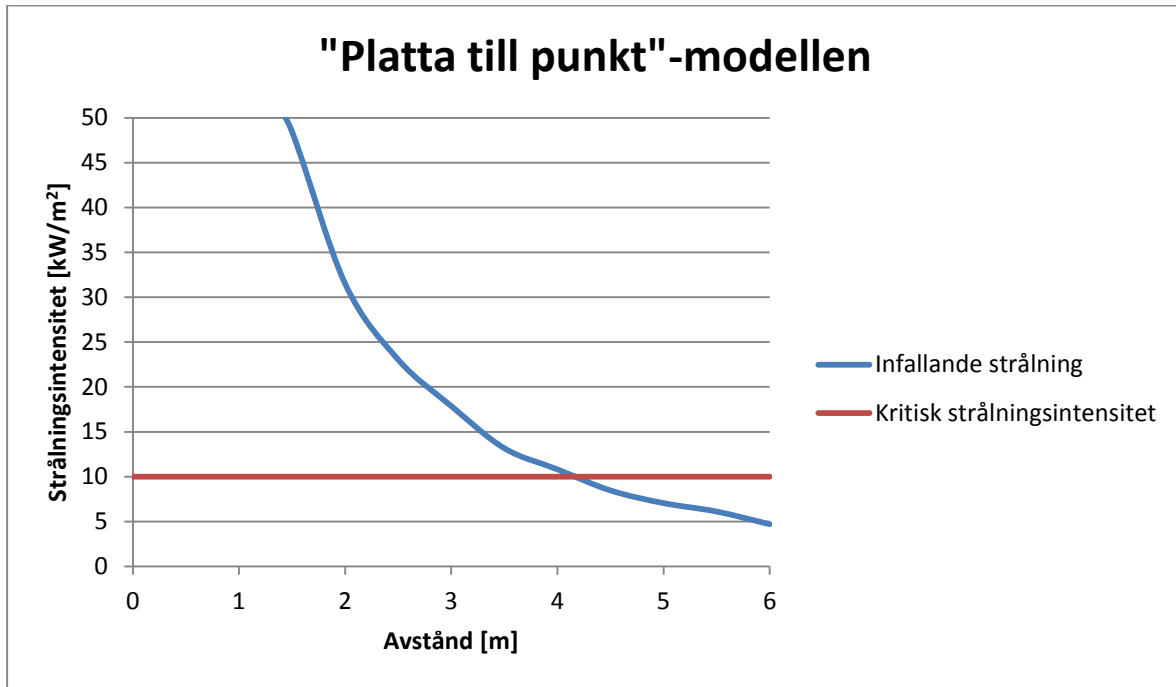
Figur E 8. Resultat från strålningsberäkningar med "Point source" - modellen för Scenario B.

Tabell E 5. Indata till strålningsberäkning med "Point Source" – modellen för Scenario B.

Beteckning	Värde
\dot{Q}	3000 kW
χ_r	0,3
\dot{q}_r	90 kW
R	0,5 – 4 m
π	3,14
θ	0°

Scenario C:

Nedan redovisas strålningsberäkningarna gjorda för Scenario C.



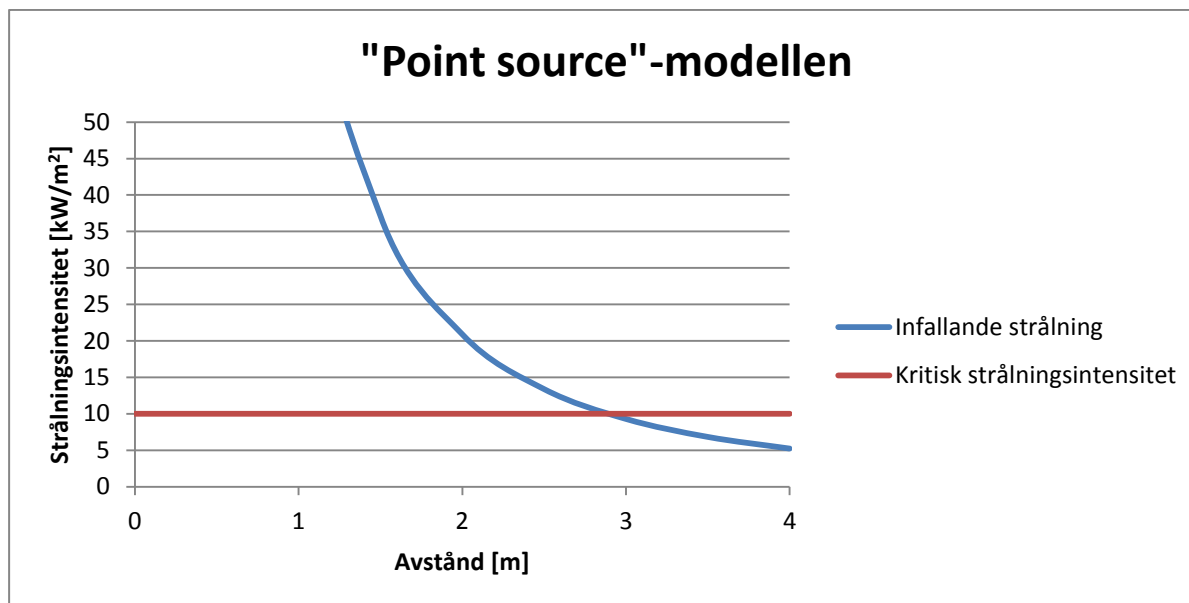
Figur E 9. Resultat från strålningsberäkningar med "platta till punkt"-modellen för Scenario C.

Tabell E 6. Indata till strålningsberäkning med "platta till punkt"-modellen för Scenario C.

Beteckning	Värde												
Avstånd från flamman [m]	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
w	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
h	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
L1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	
L2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
A	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	
S	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	
α	5.1	1.27	0.57	0.32	0.20	0.14	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.035	
φ	1	0.13	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.018	0.015	0.013	0.01	
φtot	1	0.53	0.41	0.27	0.2	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.052	0.04	

Figur E 9 visar resultaten av strålningsberäkningen gjord med indata enligt Tabell E 6. Strålningen är kritisk upp till fyra meter från flammans.

Nedan följer resultat och indata från Point source-modellen. Se Tabell E 7 och Figur E 10.



Figur E 10. Resultat från strålningsberäkningar med "Point source" - modellen för Scenario C.

Tabell E 7. Indata till strålningsberäkning med "Point source" - modellen för Scenario C.

Beteckning	Värde
\dot{Q}	3500 kW
χ_r	0,3
\dot{q}_r	105 kW
R	0,5 – 4 m
π	3,14
θ	0°

"Point source"-modellen är inte optimal att använda i detta scenario, se tidigare teoriavsnitt. Resultaten används dock vid jämförelse med övriga strålningsresultat.

I scenariot kommer flammans och brandgaserna att hindras av läktaren vilket innebär att brandgaser snabbt kommer spridas ut mot utrymningsvägen. Detta orsakar problem vid strålningsberäkningen eftersom brandgaserna också kommer stråla mot de utrymmande personerna. Förenklingar har gjorts för att kunna visa att detta scenario försvårar eller omöjliggör utrymning genom ingången till filmsalen.

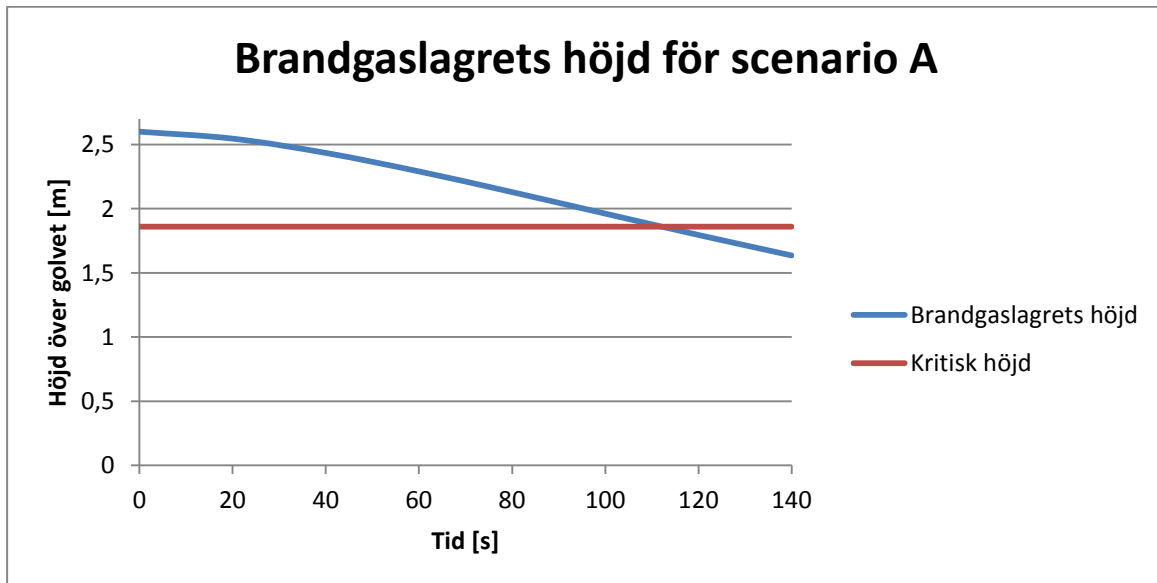
Brandgaslager

Brandgaslagrets höjd beräknas med Ekvation 13 och 14 för att kunna kontrollera hur rimliga resultaten från CFAST och FDS är. Eftersom samtliga scenarier saknar brandgasventilation kommer ingen stabil nivå på brandgaslaget infinna sig, utan det kommer sjunka tills det fyller hela rummet.

Vid beräkningarna har resultaten endast redovisats för temperaturen 353 K eftersom detta anses vara den temperatur då brandgaslagret når kritiska förhållanden vid simuleringar i CFAST. Ytterligare beräkningar gjordes även för andra temperaturer, men avvikelsen i slutgiltig tid till kritiska förhållanden var inte av betydande karaktär.

Scenario A:

Resultatet av handberäkningen som redovisas i Figur E 11 visar att kritisk höjd nås efter 110 – 120 sekunder. Detta stämmer bra överens med erhållna resultat från CFAST. Brandgasfyllnaden i scenariot bör dock vara något fördröjd eftersom scenariot bygger på att branden uppstår i ett till galleriet intilliggande rum, medan handberäkningarna är gjorda med förråd och galleri hopslagna till ett rum.



Figur E 11. Resultat av handberäkning för brandgaslagrets höjd i galleri 6.

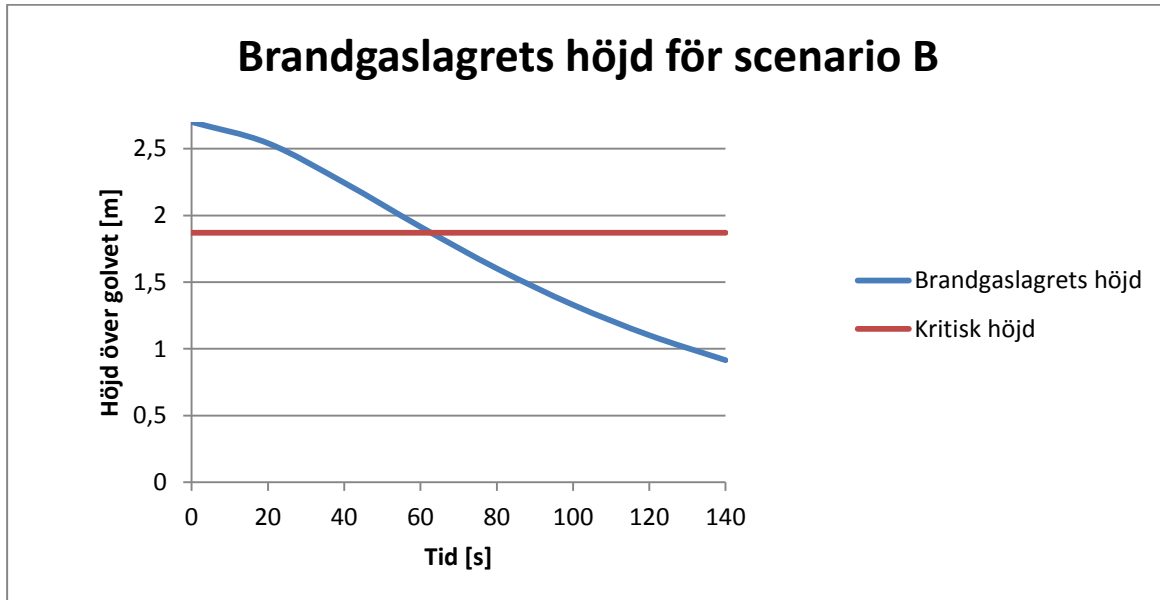
I Tabell E 8 nedan visas indata för brandgaslagerberäkning till Scenario A.

Tabell E 8. Indata till brandgaslagerberäkning för Scenario A.

Beteckning	Värde
T_g	353 K
\dot{Q}	4000 kW
H	2.6 m
ρ_a	1.2 kg/m ³
ρ_g	1 kg/m ³
c_p	1 kJ/kgK
T_a	293 K
g	9.81 m/s ²
k	0.076432
α	0.047 kW/s ²
t	0 – 140 s
S	218 m ²
n	2

Scenario B

Även i detta scenario stämmer handberäkningen väl överens med resultaten i CFAST. I Scenario B nås kritisk nivå för brandgaserna efter 60 – 70 sekunder se Figur E 12.



Figur E 12. Resultat av handberäkning för brandgaslagrets höjd i krumeluren.

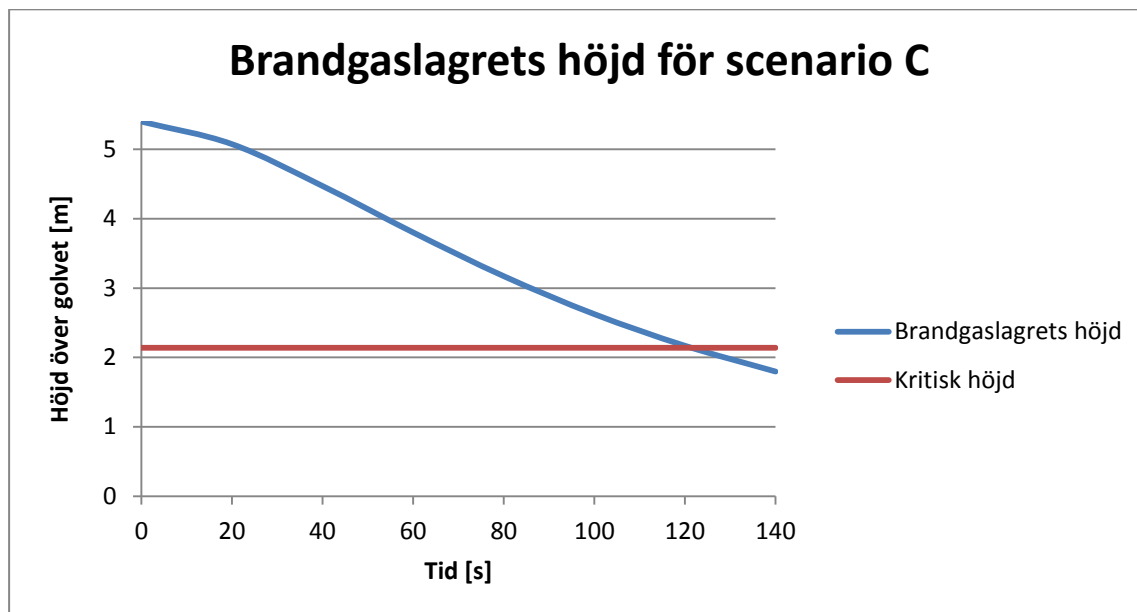
I Tabell E 9 nedan visas indata för brandgaslagerberäkning till Scenario B.

Tabell E 9. Indata till brandgaslagerberäkning för Scenario B.

Beteckning	Värde
T_g	353 K
\dot{Q}	3000 kW
H	2.7 m
ρ_a	1.2 kg/m ³
ρ_g	1 kg/m ³
c_p	1 kJ/kgK
T_a	293 K
g	9.81 m/s ²
k	0.076432
α	0.09259 kW/s ²
t	0 – 140 s
S	95 m ²
n	2

Scenario C

Handberäkningarna för Scenario C resulterade i att kritisk nivå nås efter 120 – 130 sekunder, se Figur E 13. Vid tolkning av resultatet bör även hänsyn tas till att det blir en fördröjning av brandgasfyllnaden jämfört med handberäkningarna. Handberäkningarna tar inte någon hänsyn till att branden är placerad under en avgränsande läktare.



Figur E 13. Resultat av handberäkning för brandgaslagrets höjd i filmsalen.

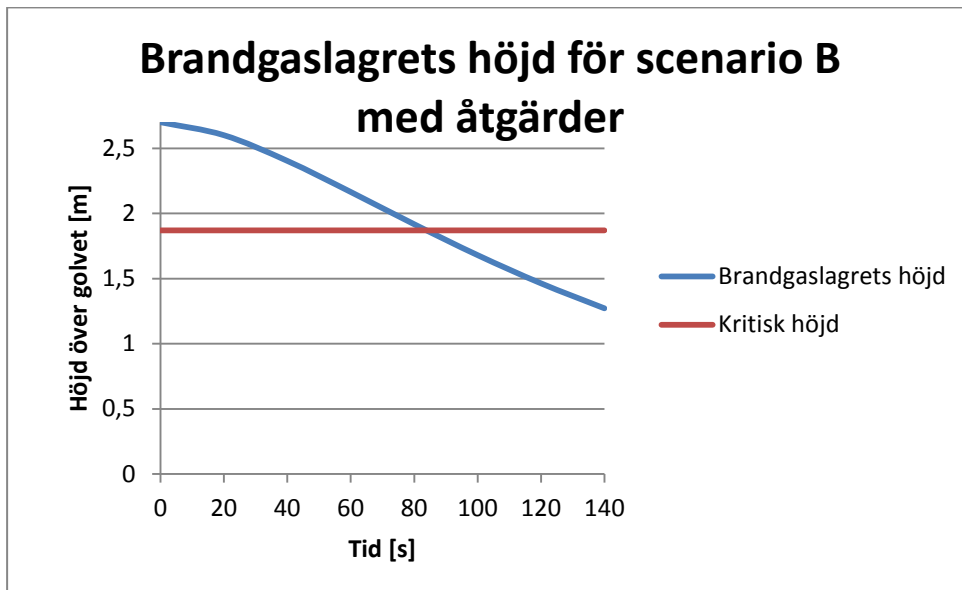
I Tabell E 10 nedan visas indata för brandgaslagerberäkning till Scenario C.

Tabell E 10. Indata till brandgaslagerberäkning för Scenario C.

Beteckning	Värde
T_g	353 K
\dot{Q}	3500 kW
H	5,4 m
ρ_a	1.2 kg/m ³
ρ_g	1 kg/m ³
c_p	1 kJ/kgK
T_a	293 K
g	9.81 m/s ²
k	0.076432
α	0.03889 kW/s ²
t	0 – 140 s
S	111 m ²
n	2

Scenario B med åtgärder

Nedan behandlas Scenario B med åtgärder.



Figur E 14. Resultat av handberäkning för brandgaslagrets höjd i krumeluren efter åtgärder.

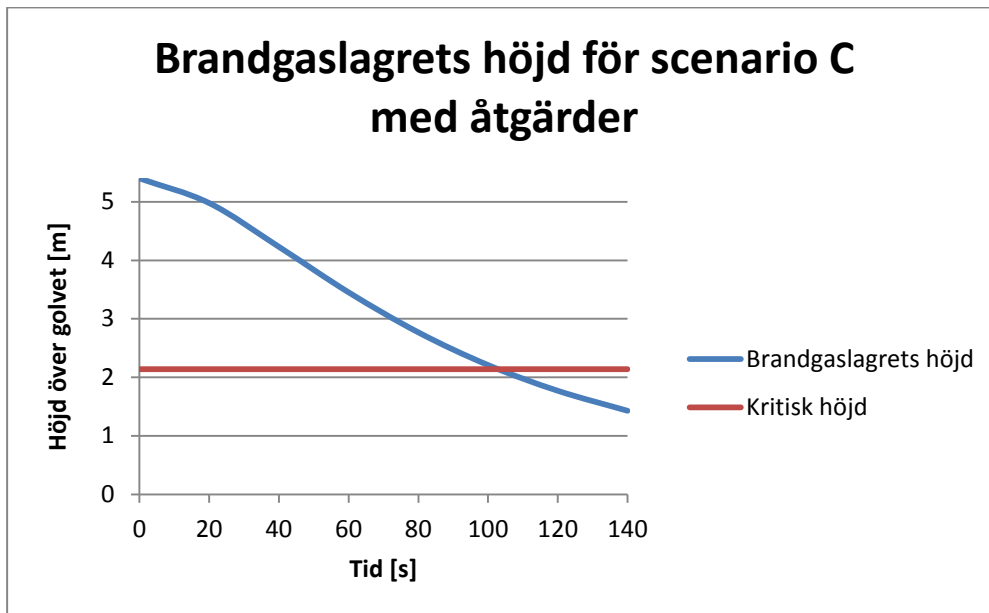
Efter vidtagna åtgärder förskjuts tiden till kritiska förhållanden för Scenario B i ungefär 20 sekunder och landar på mellan 80 och 90 sekunder. Se Tabell E 11 och Figur E 14.

Tabell E 11. Indata till brandgaslagerberäkning för Scenario B efter åtgärder.

Beteckning	Värde
T_g	353 K
\dot{Q}	1250 kW
H	2.7 m
ρ_a	1.2 kg/m ³
ρ_g	1 kg/m ³
c_p	1 kJ/kgK
T_a	293 K
g	9.81 m/s ²
k	0.076432
α	0.0217 kW/s ²
t	0 – 140 s
S	95 m ²
n	2

Scenario C med åtgärder

Nedan behandlas Scenario C med åtgärder.



Figur E 15. Resultat av handberäkning för brandgaslagrets höjd i filmsalen efter åtgärder.

Brandgaslagret uppnår för Scenario C med åtgärder kritiska nivåer redan efter 100 – 110 sekunder vilket är snabbare än det gjorde utan åtgärder. Detta eftersom materialet som nu brinner har en snabbare tillväxt än innan och inte längre är dolt av läktaren. Se Figur E 15 och Tabell E 12.

Tabell E 12. Indata till brandgaslagerberäkning för Scenario C efter åtgärder.

Beteckning	Värde
T_g	353 K
\dot{Q}	2880 kW
H	5,4 m
ρ_a	1.2 kg/m ³
ρ_g	1 kg/m ³
c_p	1 kJ/kgK
T_a	293 K
g	9.81 m/s ²
k	0.076432
α	0.089 kW/s ²
t	0 – 140 s
S	111 m ²
n	2

Bilaga F - @RISK

Denna bilaga inleds med en kort teorigenomgång av programmet @RISK för att sedan gå över i att visa hur indata till utrymningssimuleringar, använda i rapporten, har tagits fram.

I samtliga simuleringar gällande den totala utrymningstiden har ett 95 % -konfidensintervall använts. Detta eftersom det ansågs vara orimligt att studera utrymningstiden med ett 100 % -konfidensintervall på grund av att alla extremfall då tas med i beaktandet.

Teori om @RISK

@RISK är ett programtillägg för Microsoft Office Excel. Programmet används vid riskanalyser för att undersöka sannolikheten för olika utfall av ett givet samband. De parametrar som ingår är i sin tur sannolikhetsfördelade för att vid varje utfall representeras av ett nytt värde. Denna metod med slumpade ingångsvariabler för ett samband kallas Monte Carlo-simulering och används bland annat vid kvantitativa riskanalyser som ofta ligger som underlag vid beslutssituationer. Det finns andra metoder för att simulera samband men dessa är inte 100 procent slumpmässiga utan styr vilket intervall som ska slumpas flest gånger. Vilken metod som används beror på i vilket syfte simuleringen görs (Palisade, 2013).

Vid datorsimuleringar är det viktigt med ett korrekt handhavande eftersom variationen av resultat helt beror på den information användaren ger programmet. Eftersom datorsimuleringar ger exakta svar uppstår inga slumpmässiga fel som kan vara ett problem vid fall-kontroll studier. Dock kan systematiska fel uppstå beroende på hur indatan definieras till programmet (Binder & Heermann, 2010).

Fördelningar för utrymningstider i @RISK

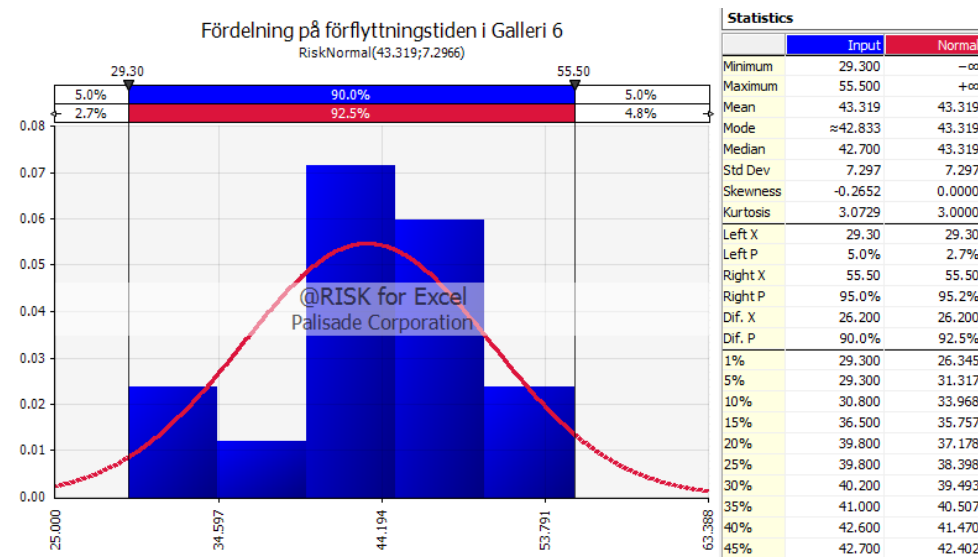
Nedan presenteras samtliga @RISK-simuleringar som har gjorts vid framtagandet av en passande fördelning på förflyttningstiden och den totala utrymningstiden i de olika scenariorna. I samtliga scenarier valdes utrymningstiden att illustreras med ett 95 % -konfidensintervall. Det innebär att med 95 procents säkerhet kommer samtliga människor att utrymma inom det tidsintervall som illustreras i samtliga figurer nedan som redogör för den totala utrymningstiden.

I figurerna som illustrerar fördelningen på förflyttningstiderna i de olika scenarierna finns staplar som visar fördelningen på de olika förflyttningstiderna. I figurerna finns även en trendlinje som åskådliggör den valda fördelningen. En passande fördelning väljs genom att trendlinjen ska överensstämma så väl som möjligt med den framtagna indatan.

Samtliga genomförda simuleringar gjorts med Monte Carlo- metoden och med 5000 itereringar.

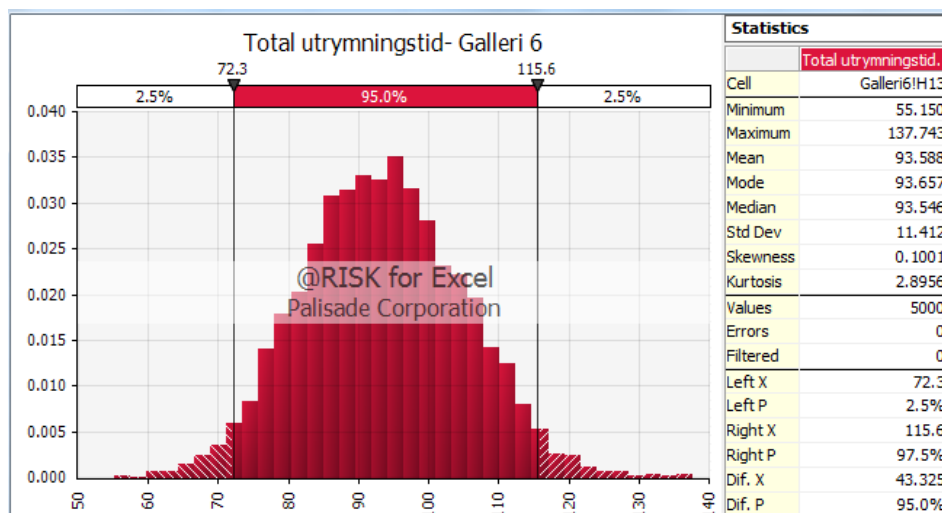
Scenario A

Figur F 1 nedan visar fördelningen på indata från förflyttningstiderna i Galleri 6 som är framtagna ur SIMULEX, se Bilaga C, tillsammans med trendlinjen för den valda fördelningen. Den fördelning som bäst representerade indatan från förflyttningstiderna är en normalfördelning med medelvärdet 43 sekunder och standardavvikelsen sju sekunder.



Figur F 1. Fördelningen av förflyttningstiden från SIMULEX, Scenario A.

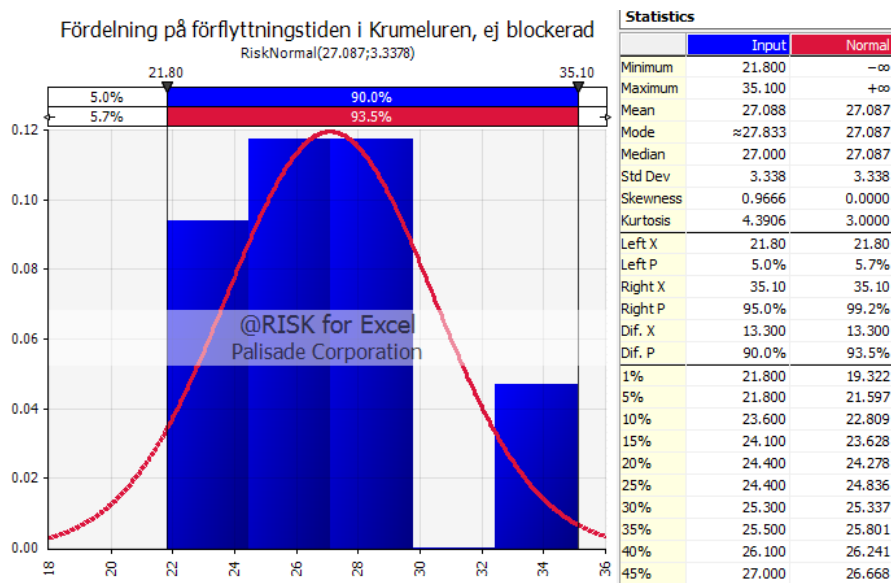
I Figur F 2 visas den totala utrymningstiden i Scenario A med ett 95 % -konfidensintervall. Med 95 procent säkerhet kommer samtliga besökare utrymma Galleri 6 inom cirka 116 sekunder.



Figur F 2. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario A.

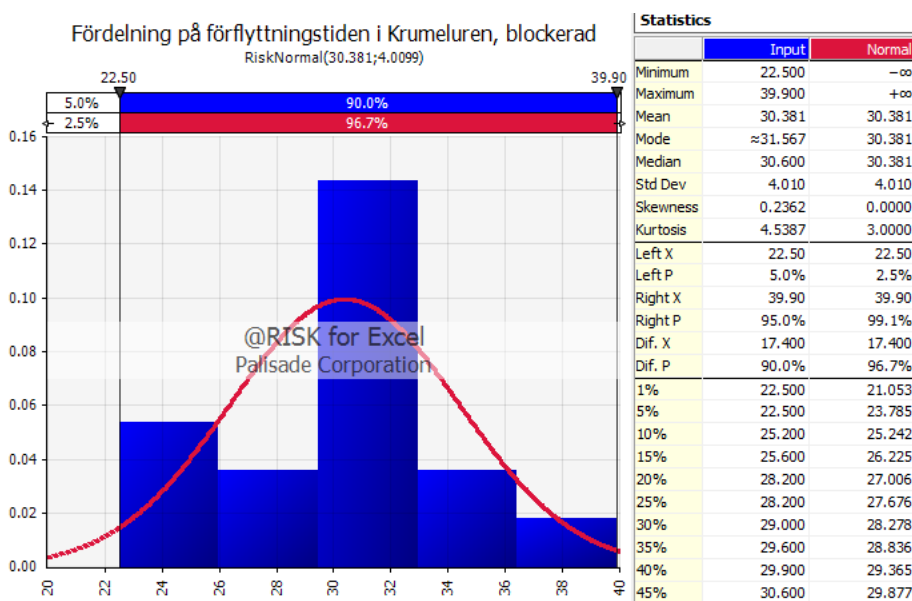
Scenario B, Krumeluren innan åtgärder

Figur F 3 och F 4 illustrerar fördelningen på de olika förflyttningstiderna som togs fram genom att simulera ett antal olika utrymningar med olika populationer i SIMULEX. Försök gjordes både när utrymningsdörren var delvis blockerad och när den var helt fri. I Figur F 3 åskådliggörs fördelningen från de simulerade resultaten i scenariot då dörren är helt fri tillsammans med en trendlinje som visar vilken fördelning som bäst motsvarar de simulerade förflyttningstiderna. Den valda fördelningen är normalfördelad med 27 sekunder i medelvärde och standardavvikelsen tre sekunder.



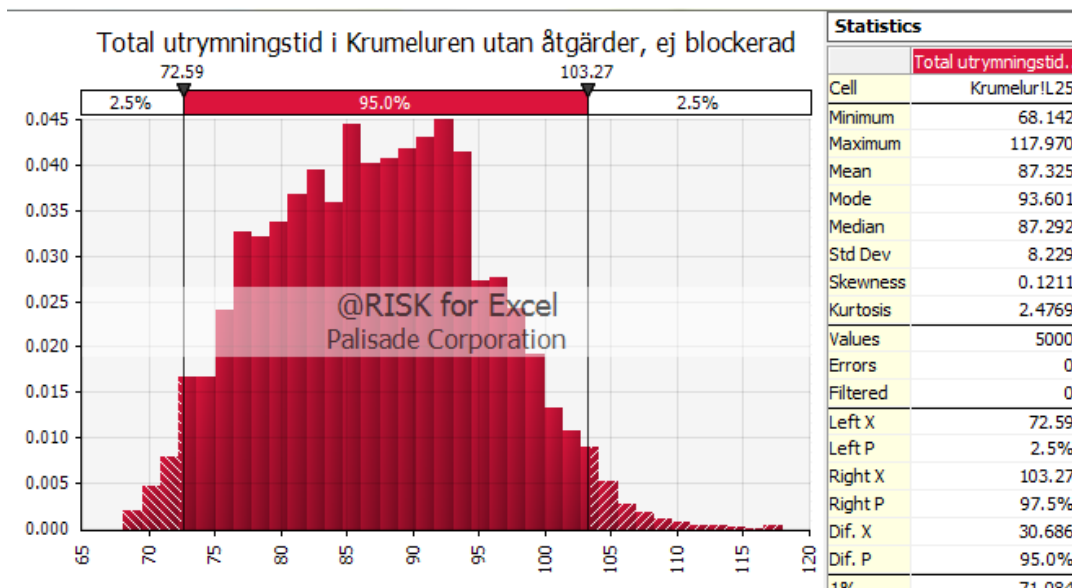
Figur F 3. Fördelningen av förflyttningstiden från SIMULEX, Scenario B då dörren är helt fri.

I Figur F 4 visas fördelningen på de framtagna förflyttningstiderna då utrymningsdörren var delvis blockerad. I figuren illustreras även den trendlinje som motsvarar den fördelning som anses passa bäst in på förflyttningstiderna, en normalfördelning med 30 sekunder i medelvärde och standardavvikelsen fyra sekunder.



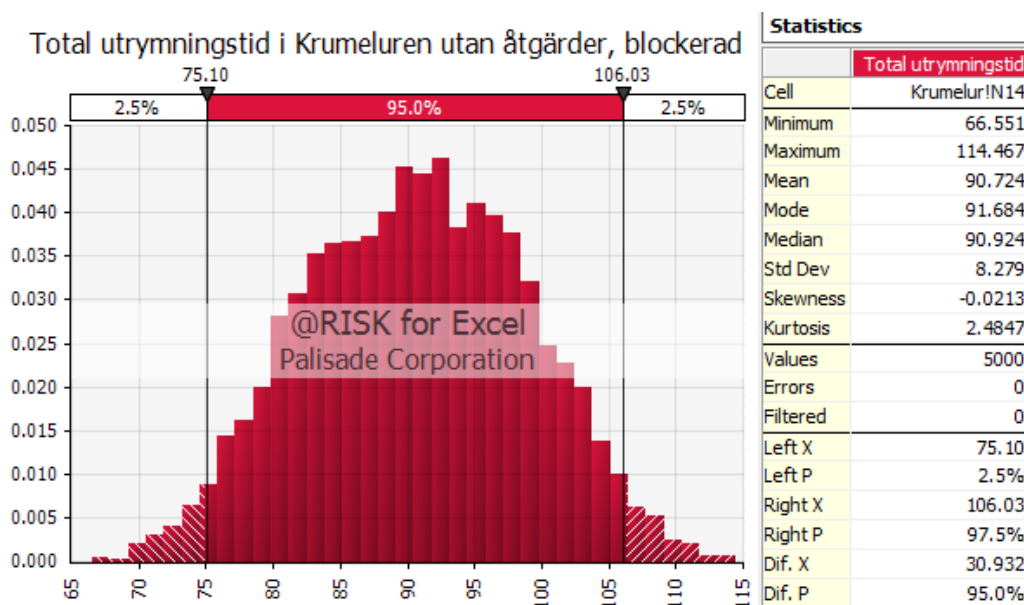
Figur F 4. Fördelningen på förflyttningstiden från SIMULEX, Scenario B då dörren är delvis blockerad.

Figur F 5 åskådliggör den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall för Scenario B då utrymningsdörren är helt fri. I figuren framgår det att med 95 procentas säkerhet kommer samtliga utrymma utrymmet inom cirka 103 sekunder.



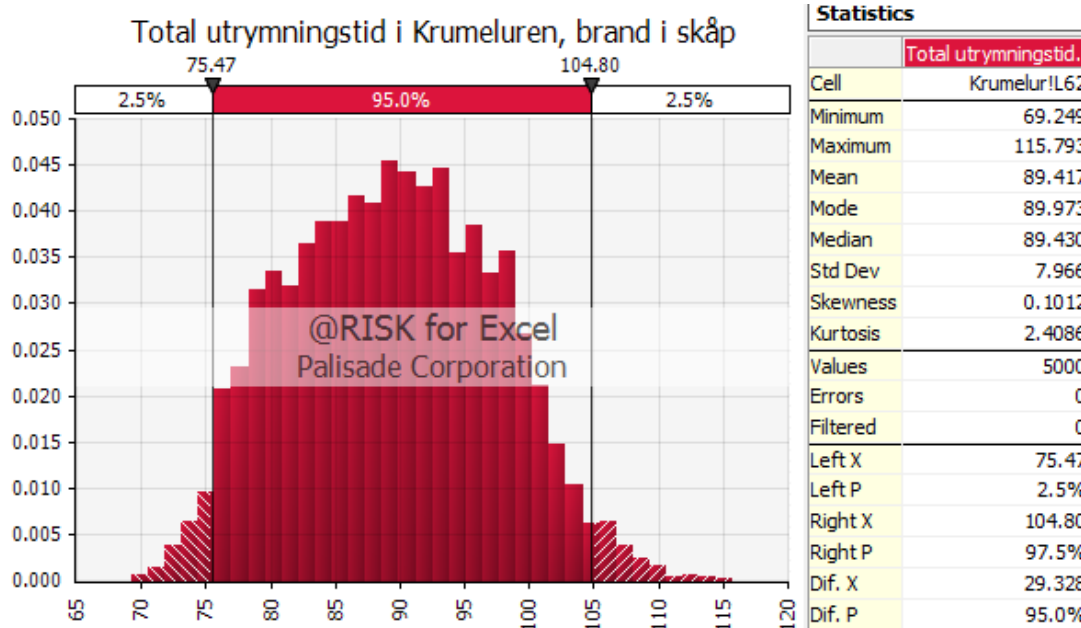
Figur F 5. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario B då dörren är helt fri.

I Figur F 6 illustreras den totala utrymningstiden med ett 95 % -konfidensintervall för Scenario B då dörren är delvis blockerad. I Figur F 6 framgår det att 95 procentas säkerhet kommer alla besökare utrymma lokalen inom cirka 106 sekunder.



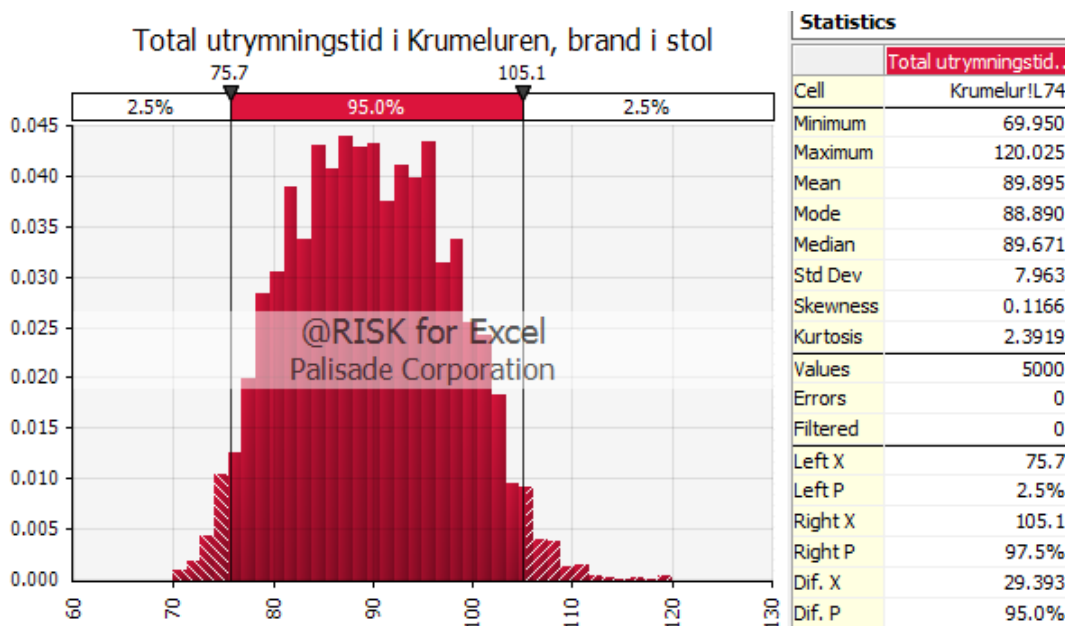
Figur F 6. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario B då dörren är delvis blockerad.

Figur F 7 nedan visar att med 95 procentas säkerhet kommer samtliga besökare i Krumeluren att utrymma inom ungefär 105 sekunder i scenariot då det är ett skåp som brinner.



Figur F 7. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, brand i skåp.

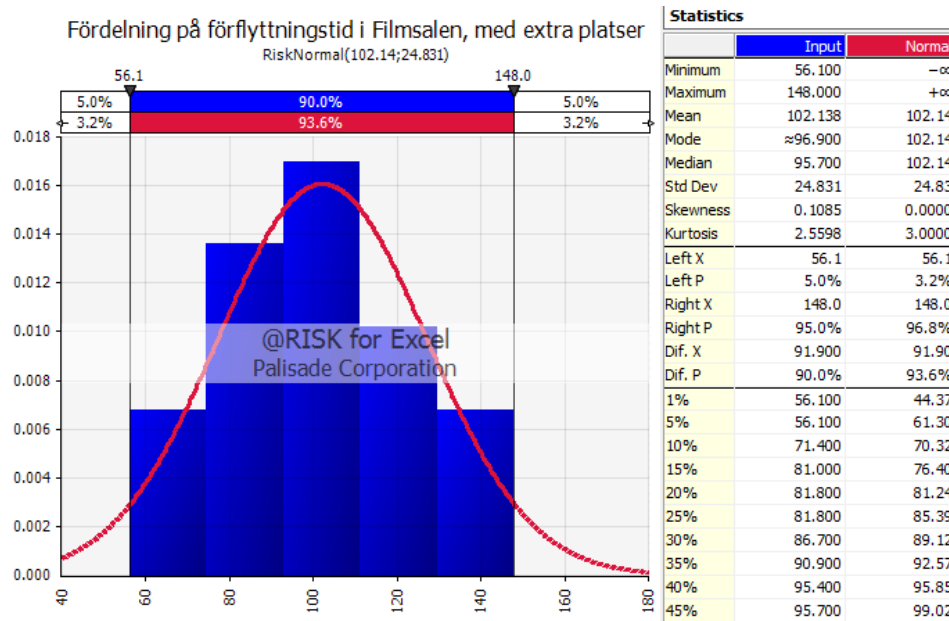
Figur F 8 åskådliggör att med 95 procents säkerhet kommer samtliga personer i Krumeluren att utrymma lokalen inom cirka 105 sekunder i scenariot efter åtgärder.



Figur F 8. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario B efter åtgärder.

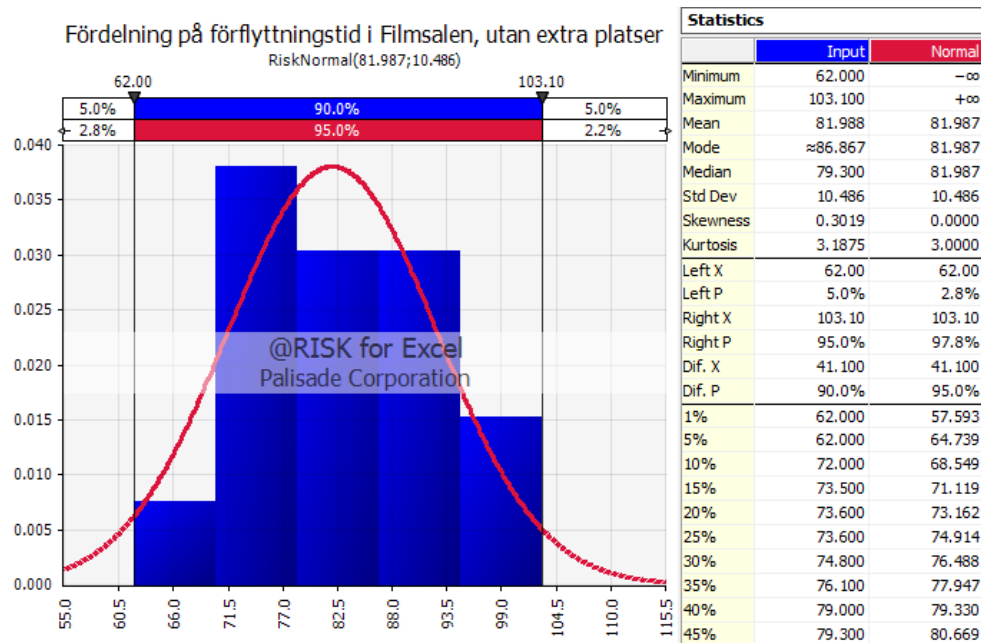
Scenario C

Figur F 9 och F 10 visar fördelningen på de framtagna förflyttningstiderna från programmet SIMULEX för utrymmande besökare i Filmsalen. Figurerna illustrerar förflyttningstiderna innan åtgärder. I SIMULEX gjordes försök när det fanns extra sittplatser framför läktarna samt när det inte fanns några extra platser. I Figur F 9 åskådliggörs fördelningen från de simulerade resultaten i scenariot med uppställda sittplatser framför läktarna tillsammans med en trendlinje som visar vilken fördelning som bäst motsvarar de simulerade förflyttningstiderna, normalfördelning; 102 sekunder i medelvärde och standardavvikelsen 25 sekunder.



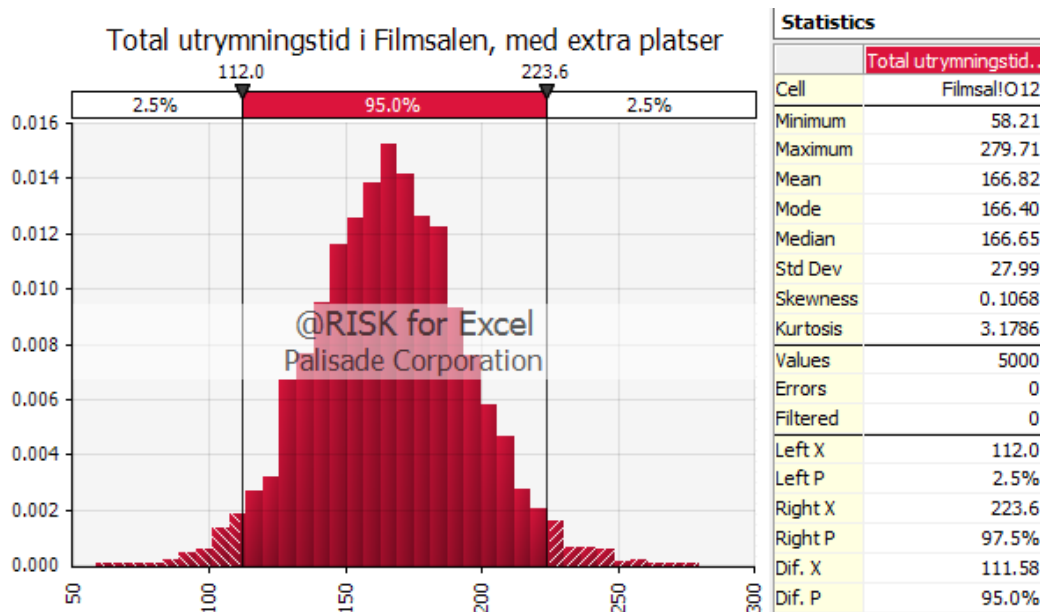
Figur F 9. Fördelningen på förflyttningstiden från SIMULEX, Scenario C med extra sittplatser.

I Figur F 10 åskådliggörs fördelningen på de framtagna förflyttningstiderna i scenariot då det inte fanns några extra sittplatser framför läktarna. I Figur F 10 visas även trendlinjen som bäst anses motsvara de simulerade resultaten på förflyttningstiderna, en normal fördelning; medelvärdet 82 sekunder och standardavvikelsen tio sekunder.



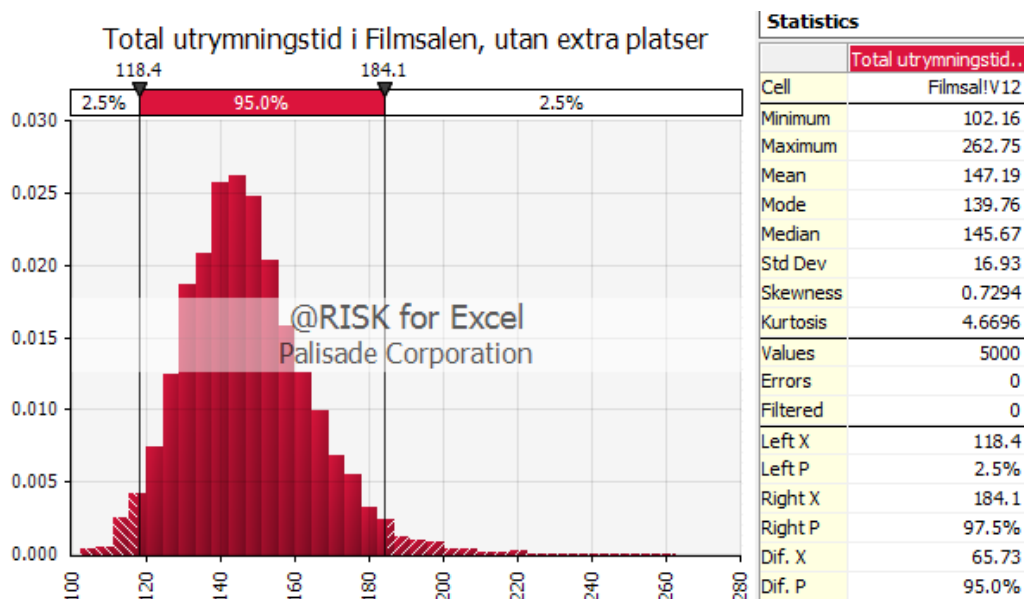
Figur F 10. Fördelningen på förflyttningstiden från SIMULEX, Scenario C utan extra sittplatser.

I Figur F 11 utläses det att med 95 procents säkerhet kommer samtliga personer i Filmsalen i scenariot med extra platser att utrymma rummet inom cirka 224 sekunder.



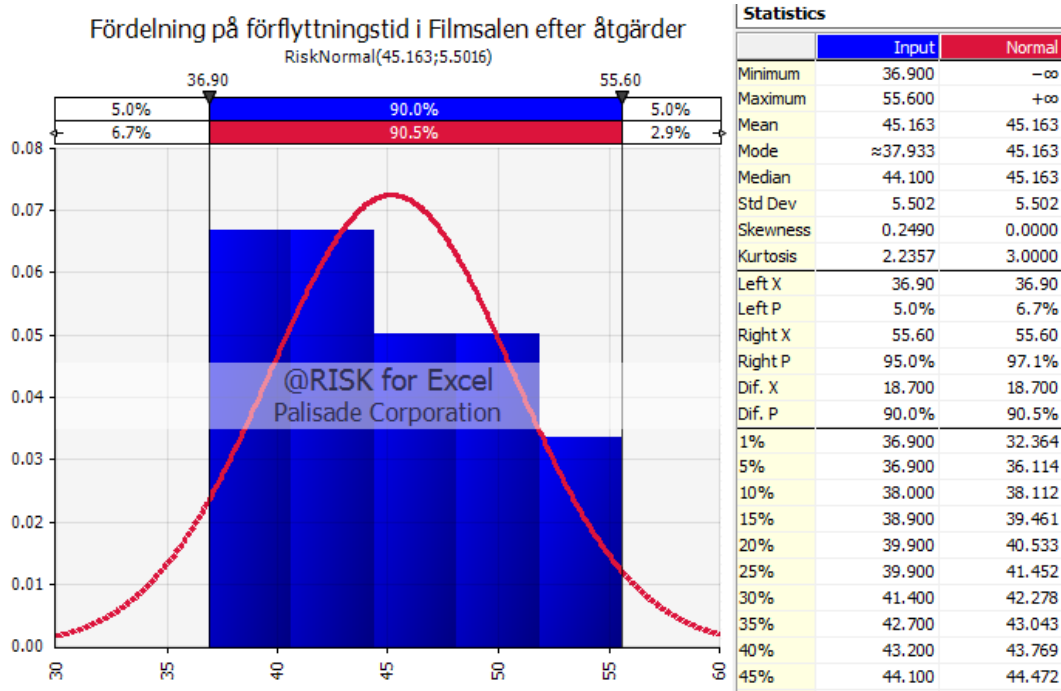
Figur F 11. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario C med extra sittplatser.

I Figur F 12 visas det att med 95 procents säkerhet kommer samtliga personer i Filmsalen i scenariot utan extra sittplatser framför läktarna att utrymma lokalen inom cirka 184 sekunder.



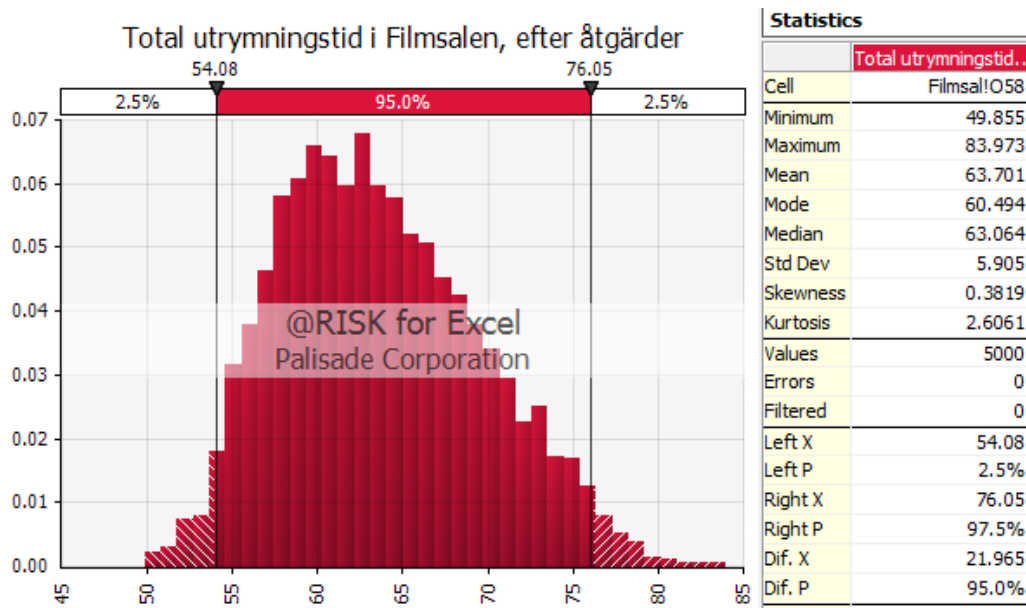
Figur F 12. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario C utan extra sittplatser.

Figur F 13 visar fördelningen på de simulerade förflyttningstiderna i Filmsalen efter att åtgärder gjordes i lokalen. I Figur F 13 ses även den trendlinje som bäst anses motsvara de simulerade resultaten. Fördelningen som anses bäst stämmer överens med resultaten från SIMULEX är en normalfördelning med medelvärdet 45 sekunder och standardsavvikelsen fem sekunder.



Figur F 13. Fördelningen på förflyttningstiden från SIMULEX, Scenario C efter åtgärder.

Figur F 14 utläses det att med 95 procents säkerhet kommer samtliga personer i Filmsalen i scenariot efter åtgärder att hinna utrymma lokalen inom cirka 76 sekunder.



Figur F 14. 95 % -konfidensintervall av den totala utrymningstiden, Scenario C efter åtgärder.

Bilaga G - CFAST

I denna bilaga hanteras allt som berör programmet CFAST. Bilagan inleds med ett teoriavsnitt som följs av indata och resultat till simuleringar.

CFAST- Consolidated model of Fire And Smoke Transport

För att simulera rumsbränder kan datorprogrammet CFAST användas. Programmet använder en tvåzonsmodell, vilket betyder att rummet antas utgöras av två kontrollvolymmer med homogen temperatur och masskoncentration. Den övre delen består av ett brandgaslager med högre temperatur än den nedre delen som har omgivningstemperatur. I CFAST definieras en brandkälla som producerar en viss massa och energi. När brandgaserna bildats i källan antas de momentant transporteras via en plym till den övre zonen och fördelas jämnt. Det vill säga att transporttiden försummas (Nilsson & Holmstedt, 2008).

För att kunna bedöma hur rimliga resultaten är i en CFAST simulering är det viktigt att känna till begränsningarna i modellen. Att brandgaserna transporteras momentant och fördelas jämnt i hela utrymmet är ett exempel på en begränsning med programmet. Om en brand i ”Korridor” simuleras kommer miljön i båda ändarna av galleriet vara lika. Det betyder att kritiska förhållanden uppstår betydligt tidigare än väntat långt från branden och betydligt senare än väntat nära branden, med hänsyn till brandgaserna (Karlsson & Quintiere, 2000).

Ett annat problem som är viktigt att känna till när tvåzonsmodeller används är att de inte tar hänsyn till temperaturen på brandgaserna och hur de påverkas av eventuell turbulens. I stora utrymmen med stor öppen yta finns det gott om luft både till att försörja branden men också till att kyla brandgaserna. Kalla brandgaser har mycket lägre stigningskraft än varma och påverkas därför mer av turbulens och drag i lokalen. CFAST redovisar alltid brandgaserna som den övre zonen, även om skillnaden i temperatur är mycket liten och det i verkligheten skulle vara en homogen blandning i hela utrymmet (Karlsson & Quintiere, 2000).

Tabell G 1 visar inom vilka geometrier CFAST ger bäst resultat. Simuleringar utanför nedanstående gränser kräver förståelse för hur tvåzonsmodeller fungerar och vilka begränsningar de har (ISO, 1995).

Tabell G 1. Användningsområde för CFAST enligt ISO (1995).

Relation	Acceptabel	Vid specialfall (Riskklass HHS)	Alternativa krav (t.ex. korridors flöden)
Max (L/W)	< 3	< 5	> 5
Max (L/H)	< 3	< 6	> 6
Min (W/H)	> 0,4	< 0,4	< 0,2
Effekt	$\geq 5 \cdot A \cdot H^{0.5}$	-	$\leq 1000 \text{ kW/m}^3$

I Tabell G 2 finns geometrierna för varje scenario som behandlas i rapporten, Scenario A är speciellt eftersom branden befinner sig i ett annat rum än det simuleringen är avsedd för. Därför presenteras effekten för förrådet, medan övriga beräkningar gäller galleriet. Här finns också resultatet av anpassningen till smårum som genomfördes för att geometrin skulle bli anpassad till det användningsområde där CFAST fungerar bäst.

Tabell G 2. Dimensioner av utrymmen samt brand för CFAST-simuleringar använda i rapporten.

Relation	Scenario A (Anpassad till små rum)	Scenario B	Scenario C
Max (L/W)	4 (1,3)	1,4	1,3
Max (L/H)	10 (3,4)	4,2	2,3
Min (W/H)	2,5 (2,5)	3,1	1,7
Effekt [kW]	≥343 i förrådet	≥805	≥1292

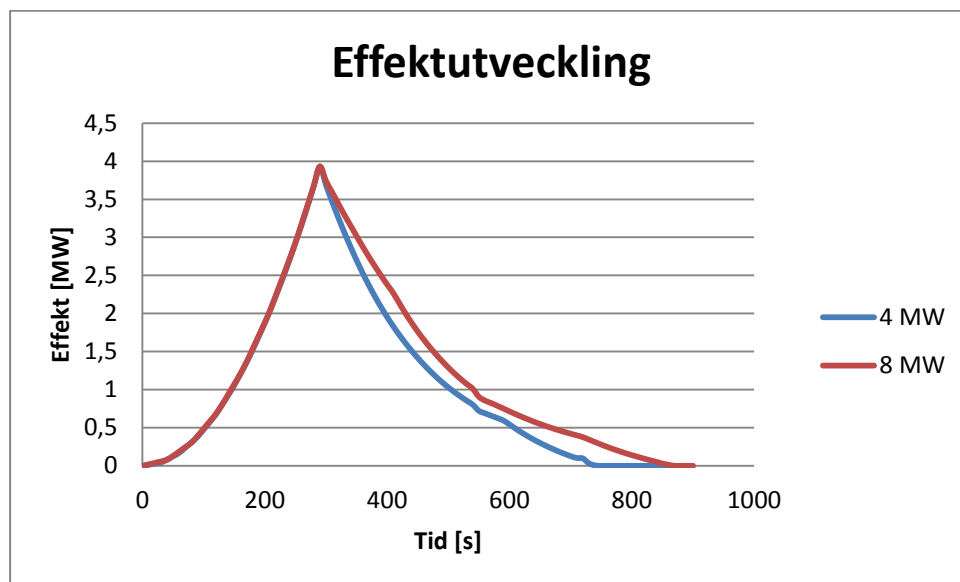
Genom att jämföra Scenario B och C:s dimensionerna, se Tabell G 2, med CFAST:s acceptabla dimensionerna, se Tabell G 1, framgår det att geometrierna i de båda scenario är innanför acceptansgränserna. Scenario A är något mer komplex och därför görs simuleringar för detta scenario med större försiktighet och en ännu mer noggrann känslighetsanalys.

Resultat av simuleringar i CFAST

För att få en övergripande bild över vilka utrymningsförhållanden de olika scenarierna ger upphov till, simulerades scenarierna i CFAST. I detta kapitel redovisas resultaten från simuleringarna med tillhörande kommentarer, känslighetsanalys och verifiering av tillförlitlighet. De scenarier som i CFAST påvisar stora osäkerheter analyseras vidare genom simuleringar i FDS.

Scenario A – Förråd vid Galleri 6

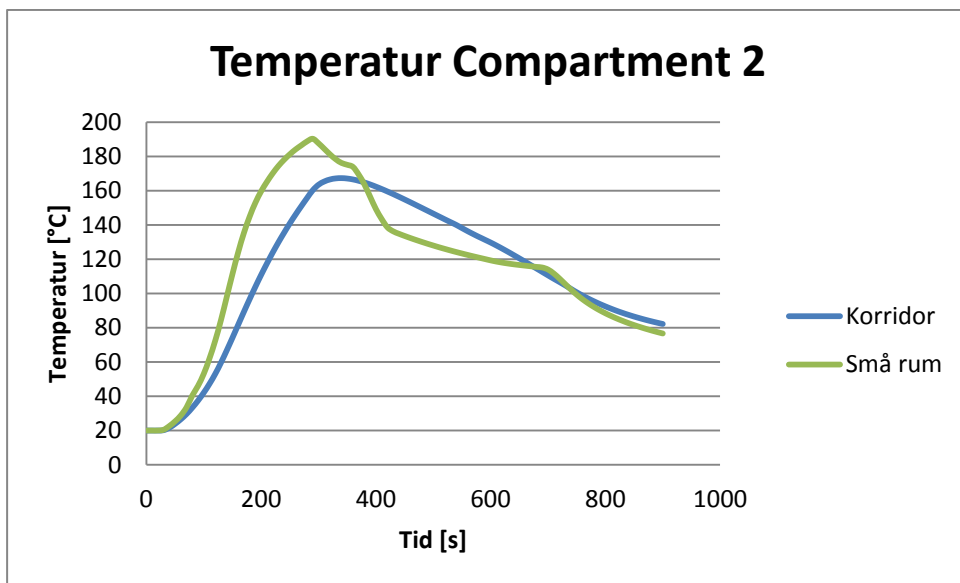
För att undersöka hur stor den faktiska brandtillväxten blir vid olika maximala effektutvecklingar gjordes en simulering av en brand på 4 MW och en brand på 8 MW. Resultatet återfinns i Figur G 1 och pekar på att syrenivån i rummet faktiskt inte tillåter en brand på över 4 MW vid den givna tillväxthastigheten. Detta gör att 4 MW i fortsättningen ses som den reella maximala effekten.



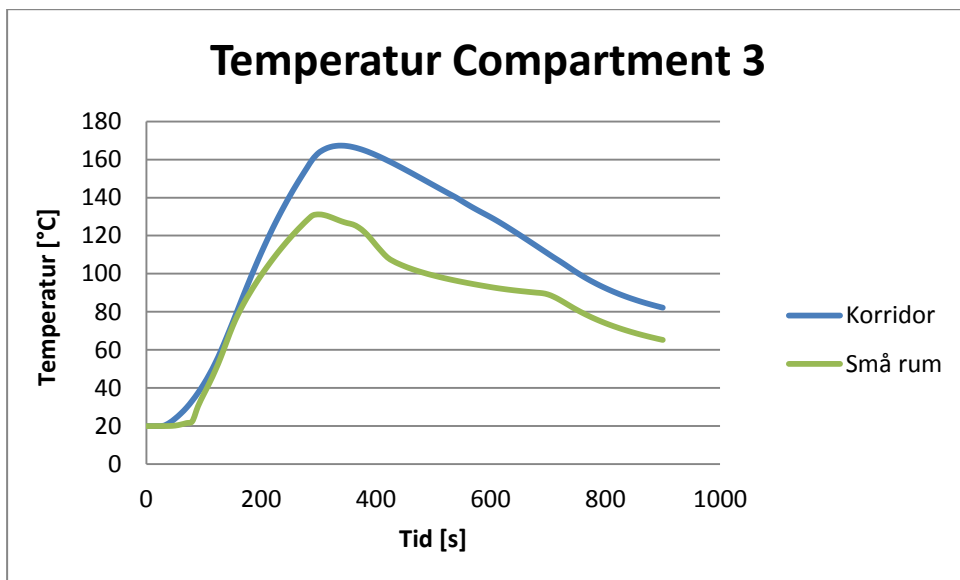
Figur G 1. Effektutvecklingen av två bränder med olika maxeffekter.

I Scenario A är som nämnt i tidigare kapitel är galleriets korridorsutseende den stora utmaningen. I Figur G 2 – G 7 redovisas hur brandgaslager och temperaturer beror av de olika varianterna av galleriets uppbyggnad. I ”Korridor” fungerar hela galleriet som ett enda avlångt rum och eftersom CFAST är en tvåzonsmodell kommer brandgaslagret ha samma temperatur och höjd i hela rummet. I ”Små rum” är galleriet uppbyggt som tre mindre rum vilket gör att brandgaslagrets temperatur och höjd närmast branden kommer vara värre och förhållandena blir bättre längre ifrån brandrummet.

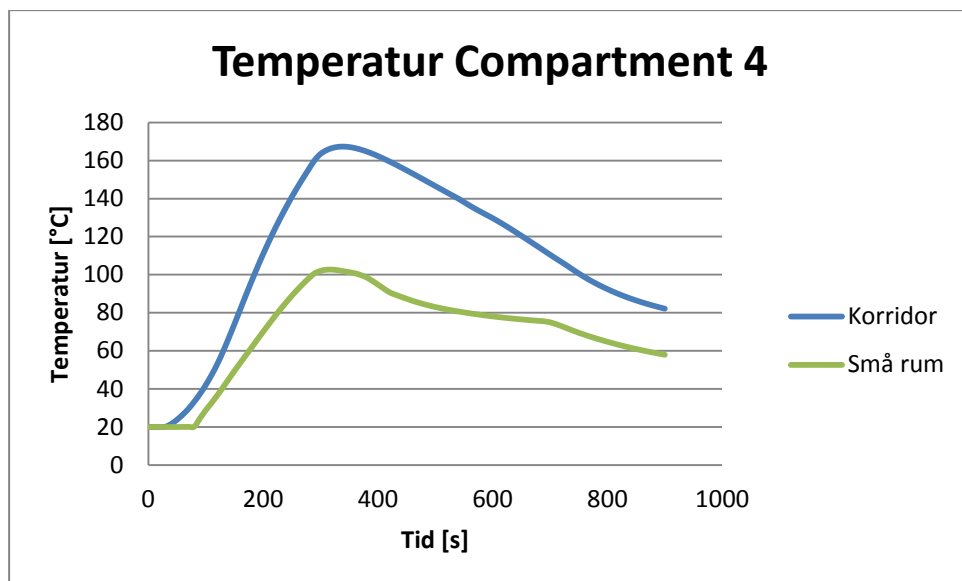
Temperaturer och höjder på brandgaslager för scenariot är baserat på värdena i galleriet, där människor befinner sig, och inte för förrådet där branden är placerad.



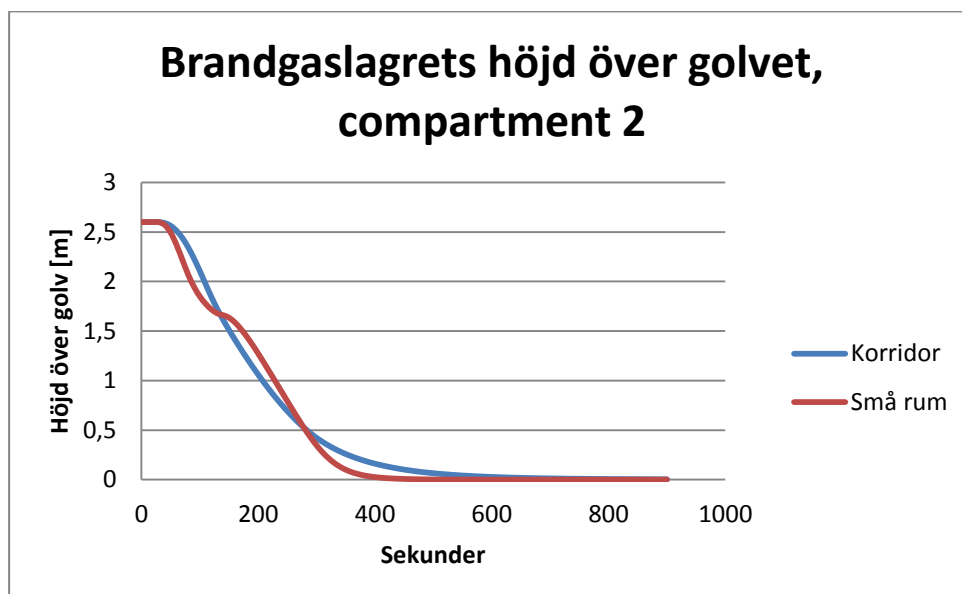
Figur G 2. Temperatur på brandgaslagret i compartment 2 i Galleri 6.



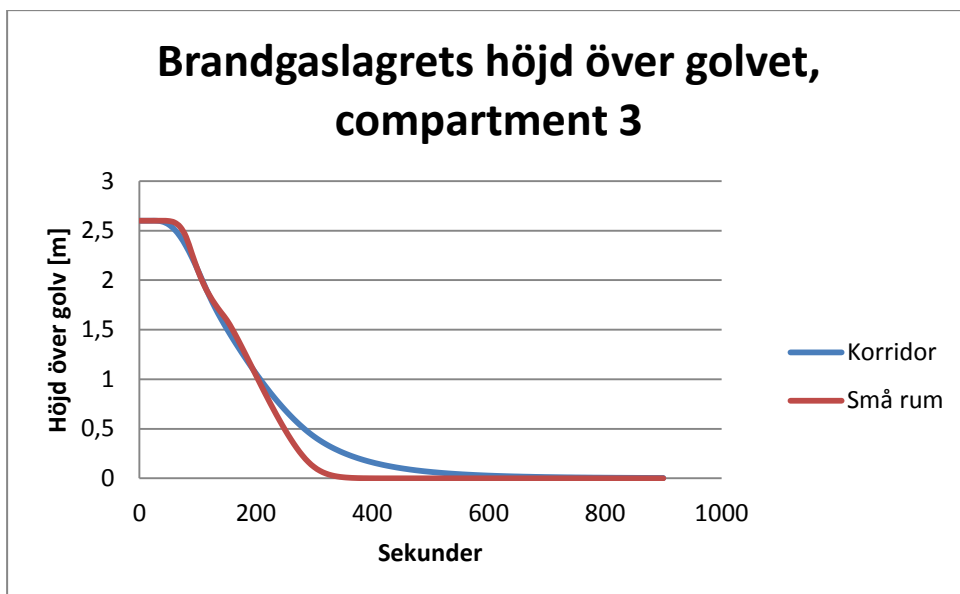
Figur G 3. Temperatur på brandgaslagret i compartment 3 i Galleri 6.



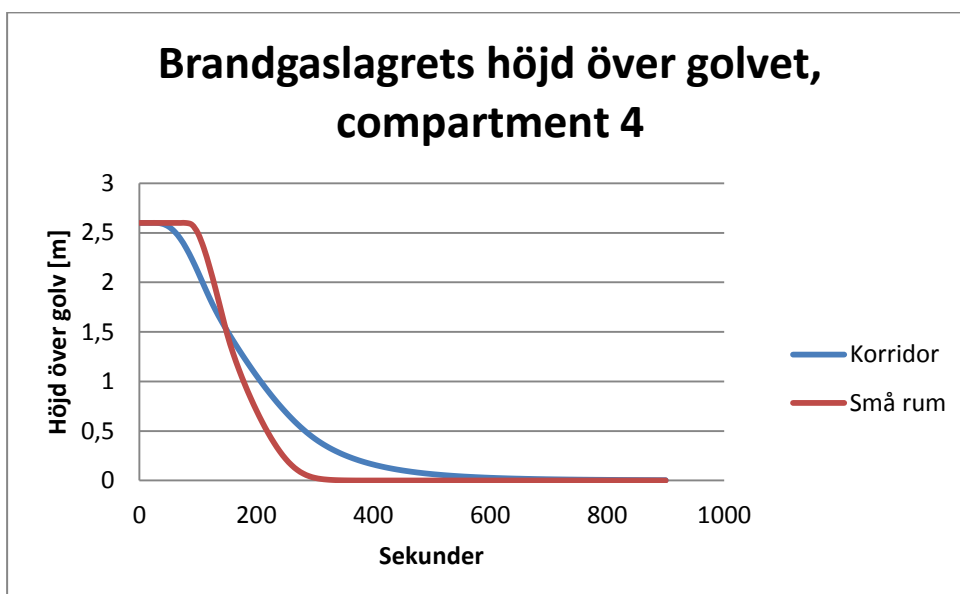
Figur G 4. Temperatur på brandgaslagret i compartment 4 i Galleri 6.



Figur G 5. Brandgaslagret höjd i compartment 2 i Galleri 6.



Figur G 6. Brandgaslagrets höjd i compartment 3 i Galleri 6.



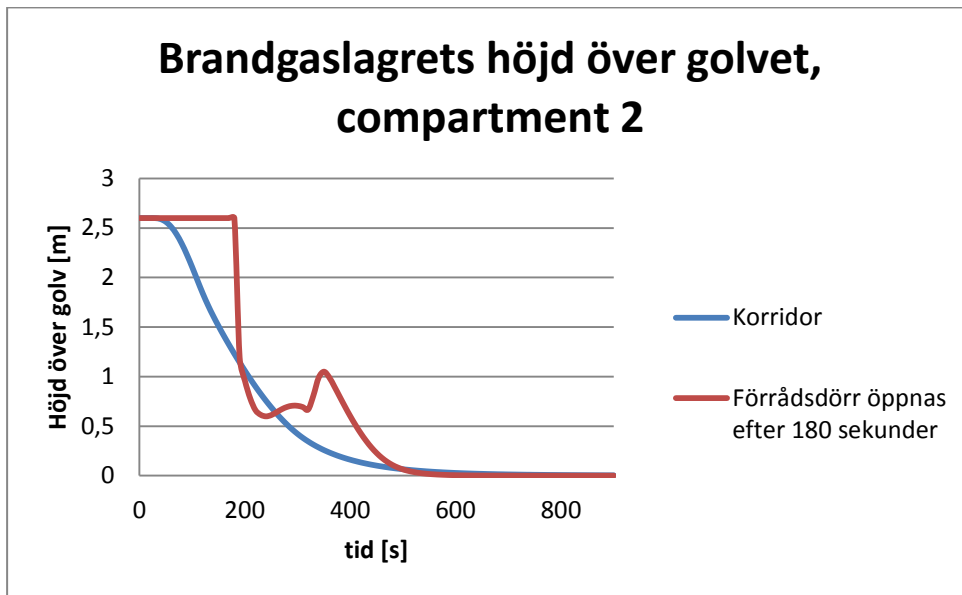
Figur G 7. Brandgaslagrets höjd i compartment 4 i Galleri 6.

Från Figur G 2 – G 7 kan det utläsas att ett värsta fall skulle vara om brandgaslagret och temperaturen följde värdena för ”Små rum” i den första delen av galleriet och sedan ”Korridor” i resten. Denna metod kommer användas i fortsatt undersökning av när kritiska förhållanden råder.

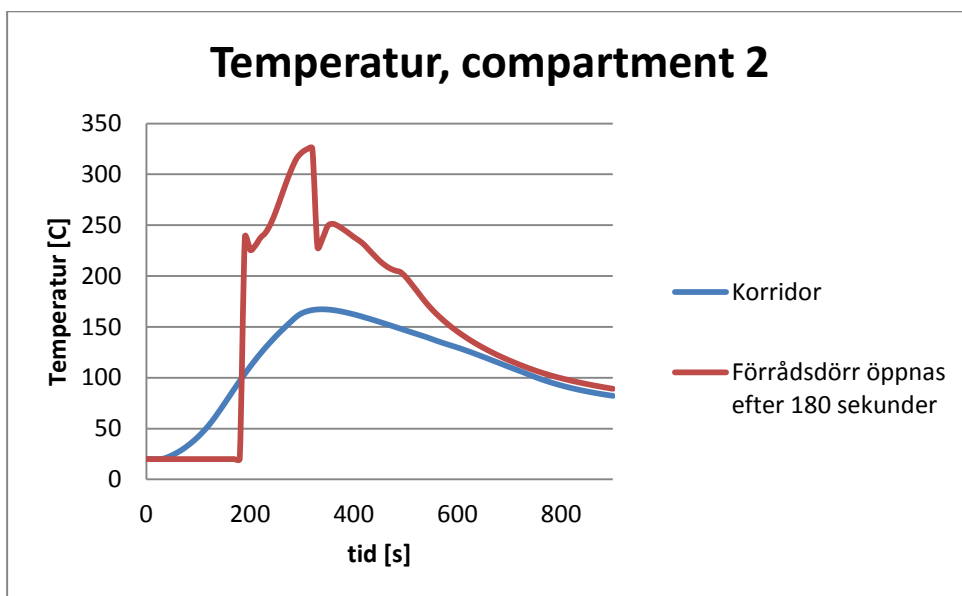
Detektorn aktiveras enligt CFAST efter 50 sekunder, detta bedöms dock vara ett orimligt högt värde för rökdetektorn med tanke på den stora brandgasutvecklingen från det sotande materialet. Den långa detektionstiden grundar sig i att rökdetektorn i CFAST är definierad som en värmedetektor utan termisk tröghet. För att få ett mer realistiskt värde på detektionstiden görs simuleringar i FDS.

Simuleringar gjordes även med att dörren mellan förråd och galleri öppnas efter att branden fått tid att tillväxa ordentligt inne i förrådet. Då dessa simuleringar inte gav några kritiska förhållanden snabbare än då dörren är öppen från början, läggs inget vidare fokus på detta. Resultatet för dessa simuleringar finns dock att se i Figur G 8 och G 9. I Figurerna redovisas endast resultaten för compartment 1 vilket

är den del där de kritiska förhållandena är jämnast, i de övriga delarna tar det ännu längre tid för kritiska förhållanden att uppnås i fallet där förrådsdörren öppnas efter att branden tillväxt.



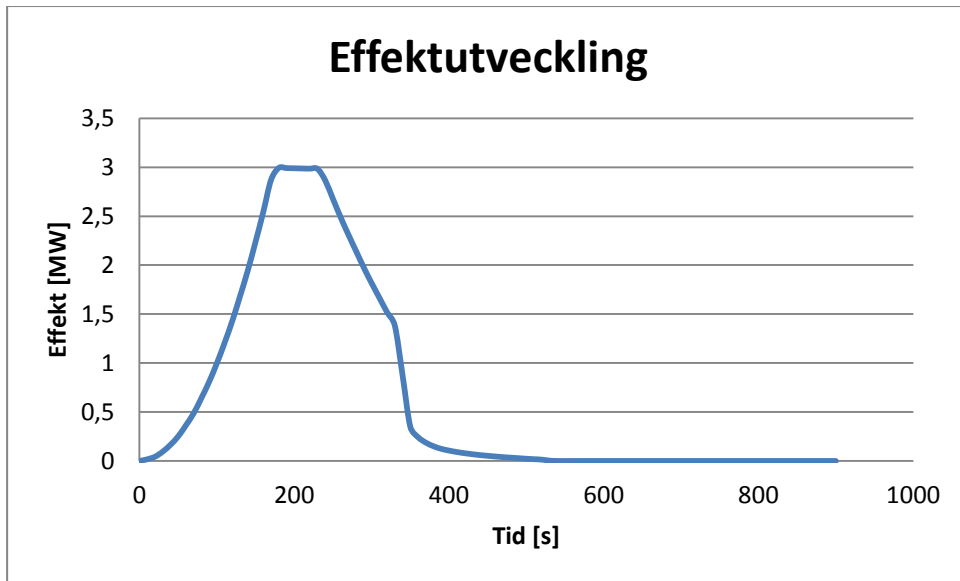
Figur G 8. Jämförelse av brandgaslagrets höjd mellan uppställningarna "Korridor" och när dörren öppnas efter tre minuter, för compartment 1.



Figur G 9. Jämförelse av brandgaslagrets höjd mellan uppställningarna "Korridor" och när dörren öppnas efter tre minuter, för compartment 1.

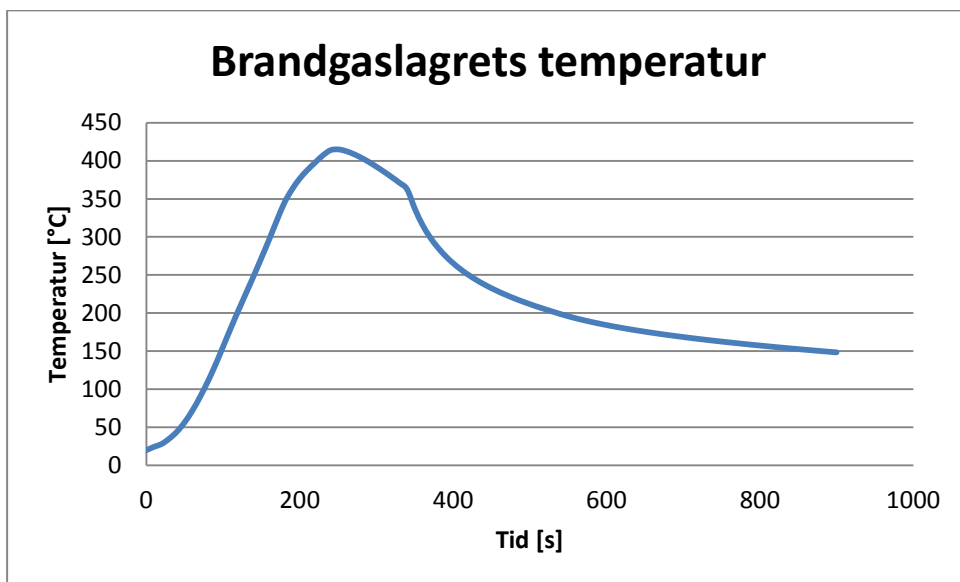
Scenario B – Krumeluren

I Krumeluren ställdes indatan in i programmet precis som beskrivet i kapitel 8.3. Effektutvecklingen får då en något annorlunda utveckling än vad som ansattes på grund av att syret i rummet inte helt räcker till. Resultatet av effektutvecklingen utseende i CFAST redovisas i Figur G 10.

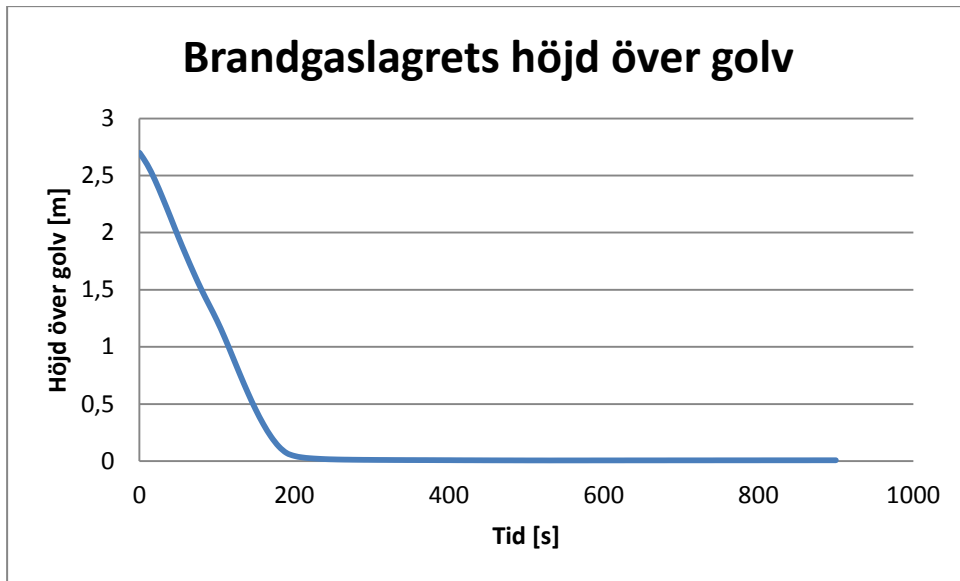


Figur G 10. Effektutveckling för branden i Krumeluren.

Utrymningssäkerheten beror i första hand på brandgaslagrets höjd och temperatur och resultatet av simulering i CFAST visas i Figur G 11 och G 12. Resultaten visar på en mycket snabb brandgasfyllnad.



Figur G 11. Temperatur på brandgaslagret i Krumeluren.



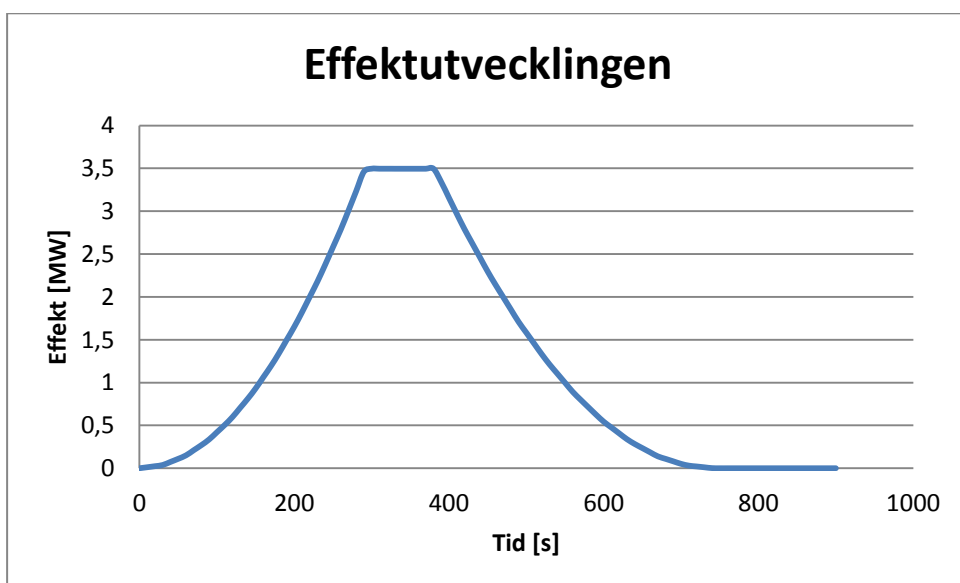
Figur G 12. Brandgaslagrets höjd i Krumeluren.

Eftersom CFAST är en tvåzons-modell och man inte ser brandgasernas faktiska beteende är det av intresse att undersöka hur de egentligen sprider ut sig, detta görs genom ytterligare simuleringar i FDS.

Detektorn aktiveras enligt CFAST efter 65 sekunder, detta bedöms dock vara ett orimligt högt värde för rökdetektorn med tanke på den stora rökutvecklingen från det sotande materialet. Den långa detektionstiden grundar sig i att rökdetektorn i CFAST är definierad som en värmedetektor utan termisk tröghet. För att få ett mer realistiskt värde på detektionstiden görs simuleringar i FDS.

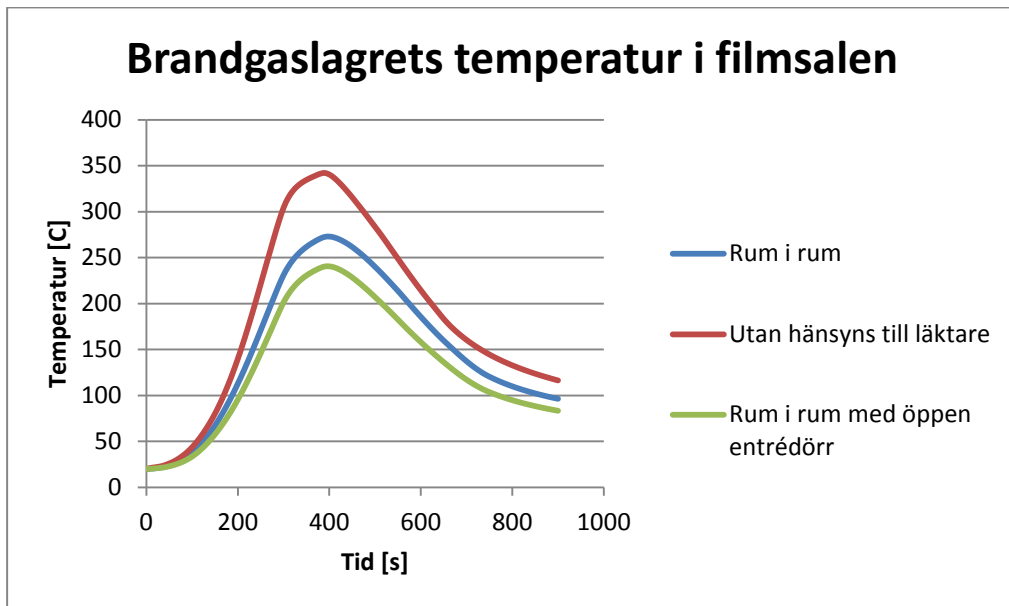
Scenario C – Filmsalen

I Filmsalen har simuleringar gjorts med tidigare beskrivna uppbyggnaden ”Rum i rum” och ”utan hänsyn till läktare”. För de båda fallen ser effektutvecklingen i CFAST ut exakt på samma sätt, se Figur G 13.

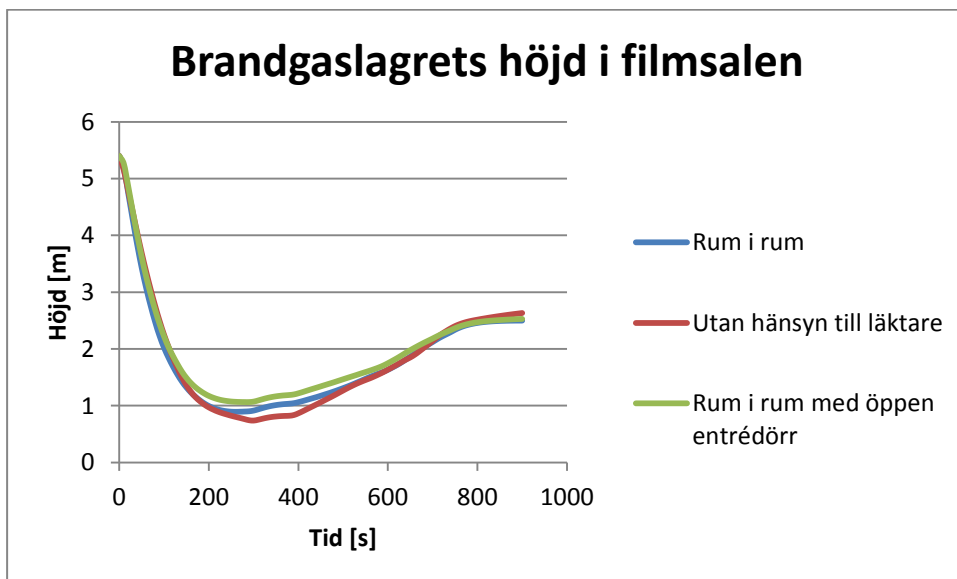


Figur G 13. Effektutveckling för branden i Filmsalen.

Simuleringar gjordes även med öppen entrédörr i hela brandförloppet för fallet ”rum i rum”. Brandgaslagrets höjd och temperatur redovisas i Figur G 14 och G 15 nedan.



Figur G 14. Brandgaslagrets temperatur i Filmsalen.



Figur G 15. Brandgaslagrets höjd i Filmsalen.

I CFAST-simuleringen sjunker brandgaslagret snabbt, medan brandgaslagrets temperatur är låg. En större inblick i hur brandgaserna egentligen rör sig i rummet är av intresse och därför görs ytterligare simuleringar i FDS på detta scenario.

Rökdetektorn i utrymmet under läktaren detekterar efter 20 sekunder och i det stora rummet sker detektion mellan 110 och 180 sekunder beroende på fall. Detektionstiden i det stora rummet är lång, detta undersöks ytterligare i FDS-simulering.

Sammanfattning av simuleringar i CFAST

Enligt kapitel 5.1 är kritisk temperatur 80°C i de områden som människor vistas och kritisk höjd för brandgaslager beräknas enligt $1,6 + 0,1 \cdot H$, se Tabell G 3. Tid till kritiska förhållanden sammanfattas för samtliga scenarier i Tabell G 4.

Tabell G 3. Kritisk höjd i de olika rummen.

Scenario	Kritisk höjd [m]
A - Förråd vid Galleri 6	$1,6 + 0,1 \cdot 2,6 = 1,86$
B- Krumeluren	$1,6 + 0,1 \cdot 2,7 = 1,87$
C - Filmsal	$1,6 + 0,1 \cdot 5,4 = 2,14$

Tabell G 4. Tid till kritiska förhållanden i rummen och huruvida vidare simulering krävs.

Scenario		Tid till kritisk höjd på brandgaslager [s]	Tid till kritisk temperatur, 80°C [s]	Vidare simulering
A - Förråd vid Galleri 6	Compartment 1:	100	125	Endast detektion
	Compartment 2-3:	120	160	Endast detektion
B- Krumeluren		55	65	Ja
C – Filmsal (rum i rum)		95	165	Ja

Scenario A

Resultaten i ”små rum”-fallet används för de 8,8 meter av galleriet närmst brandrummet, för den övriga delen av galleriet används ”Korridor”-fallets resultat. Detta görs eftersom galleriet har en dimension som går utanför programmets acceptanskriterier, beskrivet tidigare i bilagan, alltså väljs de värsta resultaten för respektive galleridel för att få ett konservativt resultat. Eftersom Compartment 1 i ”små rum”-fallet anses vara ett konservativt antagande och tid till kritiska förhållanden inte skiljer sig mycket ifrån ”Korridor” betraktas Scenario A:s resultat som acceptabla ur en konservativ synvinkel.

Scenario B

I Krumeluren inträffar kritiska förhållanden inom en minut och det kan direkt sägas att en brand i detta rum skulle ge stora problem. Rökfyllnaden uppfattas vara mycket snabb och därför görs en extra kontroll genom simulering i FDS.

Scenario C

I Filmsalen är det stor skillnad på när brandgaslagret uppnår kritisk höjd jämfört med temperatur. Hur brandgaslagret egentligen ser ut syns inte i tvåzonsmodellen så därför görs ytterligare simulering i FDS för att få en mer detaljerad förståelse för vad som händer vid aktuellt brandfall.

För samtliga fall har en lång detektionstid för detektorerna erhållits. Dessa tider är inte realistiska och har sin grund i att rökdetektorerna i CFAST fungerar som värmedetektorer utan termisk tröghet. Detektionstiden från CFAST anses inte lämplig att grunda analysen på och därför görs en detektionsanalys i FDS för samtliga scenarier.

Bilaga H – FDS

I följande bilaga finns ett teori- och begränsningsavsnitt om programmet FDS, även alla antaganden som har gjorts vid simuleringar i FDS beskrivs här. Slutligen redovisas även de detektionstider som har simulerats fram i de olika scenarierna.

Teori på FDS

FDS är en CFD-modell som är inriktad på att beräkna det flöde som uppstår när luft värms upp, vilket sker när ett ämne förbränns. Programmet löser numeriskt en approximation av Navier-Stokes ekvationer som tar hänsyn till transport av brandgaser och värmeföring samt är lämpliga för termiskt drivna flöden med låg hastighet. Approximationen löses genom att en större volym delas upp i mindre finita volymer, detta sker med hjälp av ett tredimensionellt rätlinjigt rutnät. Bevarandet av energi, massa och rörelsemängd tillämpas vid beräkningarna (McGrattan, o.a., 2010). Det är viktigt att vara medveten om att alla simuleringar i FDS är felaktiga och således måste resultatet alltid valideras och jämföras mot verkliga försök.¹⁰

Resultatet som erhålls från simuleringen påverkas starkt av storleken på cellerna, det beror på att de rörelser som är mindre än cellerna inte visualiseras. För att få ett verklighetstroget resultat krävs det att cellerna i simuleringen är så små som möjligt, dock ökar simuleringstiden med mindre celler. Halveras cellstorleken ökar antalet celler med åtta gånger och simuleringstiden ökar med 16 gånger. Ifall simuleringar utförs med mindre celler och resultatet förblir detsamma är simuleringen gridoberoende, vilket är något som eftersträvas eftersom det innebär att resultatet beror av andra faktorer än cellstorleken.¹¹

Ifall avståndet från den strålände källan och mätytan är stort kan strålningsresultatet bli felaktigt. Det eftersom strålningen kan komma att träffa ytan slumpmässigt istället för uniformt. Felet brukar kallas ”hot spots” och kan reduceras med hjälp av ett ökat antal strålningsvinklar. Simuleringar med grov grid kan ge felaktiga resultat då strålningen ser ut att träffa uniformt, men egentligen blir det ett missvisande resultat. Det eftersom det räcker att en strålningsvinkel träffar en cell för att den ska få uppfattningen att hela cellen är utsatt för en viss strålningsintensitet. För att få ett bra strålningsresultat i FDS ska en liten grid användas tillsammans med ett högt antal strålningsvinklar.¹²

Flamspridning kan simuleras i FDS om det definieras i indatafilen. Om brandspridning ska användas i programmet måste det kontrolleras med riktiga experiment för att kunna fastställa att rimliga värden används.¹³

Begränsningar med FDS

I programmet kan endast rätlinjiga geometrier byggas upp vilket innebär att det inte går att definiera några runda former. Endast ett ämne kan behandlas per brännaryta, det går alltså inte att kombinera flera olika brännbara ämnen i en och samma brand. FDS förutsätter att det finns obegränsat med material- och syretillgång oavsett temperaturen i rummet. Programmet kan inte själv förutsäga hur brandspridningen kommer att ske, det måste användaren definiera i indatafilen. FDS kan inte heller illustrera flödes hastigheter som närmar sig ljudets hastighet, till exempel (McGrattan, o.a., 2010).

¹⁰⁻¹³ Doktor Philip Rubini, University of Hull, föreläsningar 2013-01-24 – 2013-01-25

Antaganden i FDS-simuleringarna

När det har simulerats i FDS har ett antal antaganden gjorts. Det har bland annat antagits att det bara är ett sorts ämne som brinner, även fast det i verkligheten ofta är flera sorters material som brinner. Det antagandet har sin grund i att FDS endast kan hantera en brand med ett material åt gången. Samma effektutveckling som användes i CFAST har även använts i simuleringarna i FDS. För simuleringarna efter åtgärder har effektutvecklingarna tagits från boken Initial Fires av Stefan Särdaqvist (1993). I samtliga simuleringar har cellstorleken tio centimeter använts, det grundar sig i att cellernas storlek överensstämmer väl med rummets geometri. Även mindre celler med fem centimeter hade kunnat användas men på grund av tidsbrist valdes det att simulera med den större cellstorleken. I rapporten har inte heller gridberoende påvisats av samma anledning, att det blev tidsbrist. För vidare information om simuleringarna se indatafilerna för FDS i Bilaga J.

Resultat FDS

I Tabell H 1 återfinns alla detektionstider som har erhållits genom simuleringar i FDS.

Tabell H 1. Visar detektionstiderna i de olika lokalerna.

	Galleri 6	Krumelur innan åtgärder	Krumelur förkastade åtgärder	Krumelur efter åtgärder	Filmsalen innan åtgärder	Filmsalen efter åtgärder
Tid till detektion i FDS[s]	8	9	13	14	22	13

Scenario B - Krumeluren

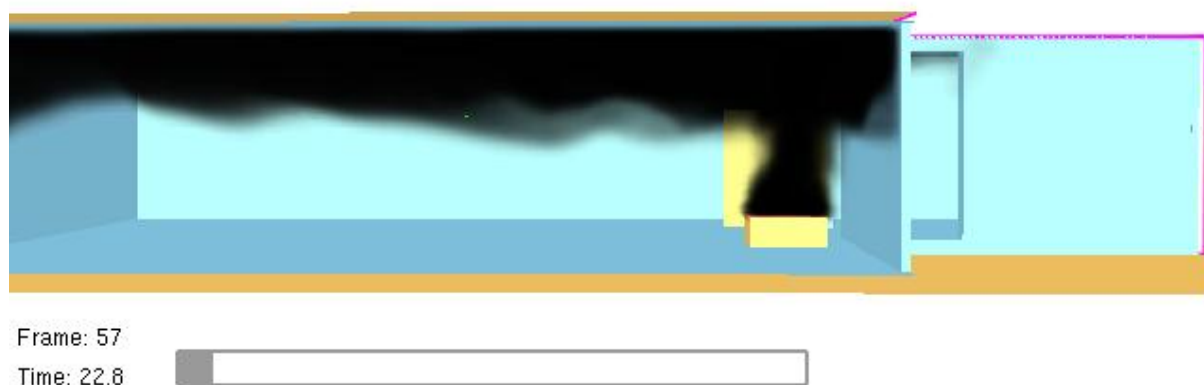
Nedan presenteras de resultat som har erhållits från simuleringar i Krumeluren.

Innan åtgärder

Simuleringarna som gjordes innan åtgärder redovisas nedan i form av bilder för brandgaslagrets höjd, sikt, temperatur och strålning.

Brandgaslagrets höjd

I Figur H 1 kan det ses att brandgaslagrets höjd når kritiska förhållanden, 1,9 meter, efter cirka 23 sekunder.

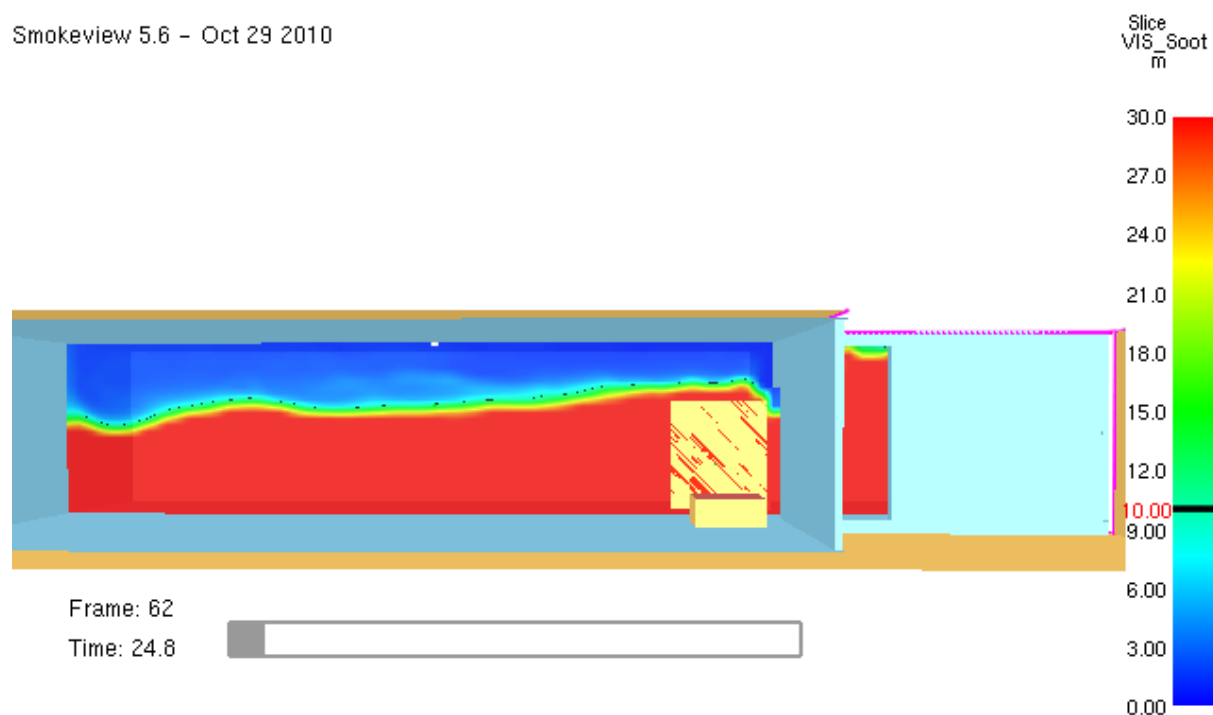


Figur H 1. Brandgaslagrets höjd i Krumeluren innan åtgärder.

Sikt

Sikten når kritiska förhållanden efter ungefär 25 sekunder, vilket kan ses i Figur H 2.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

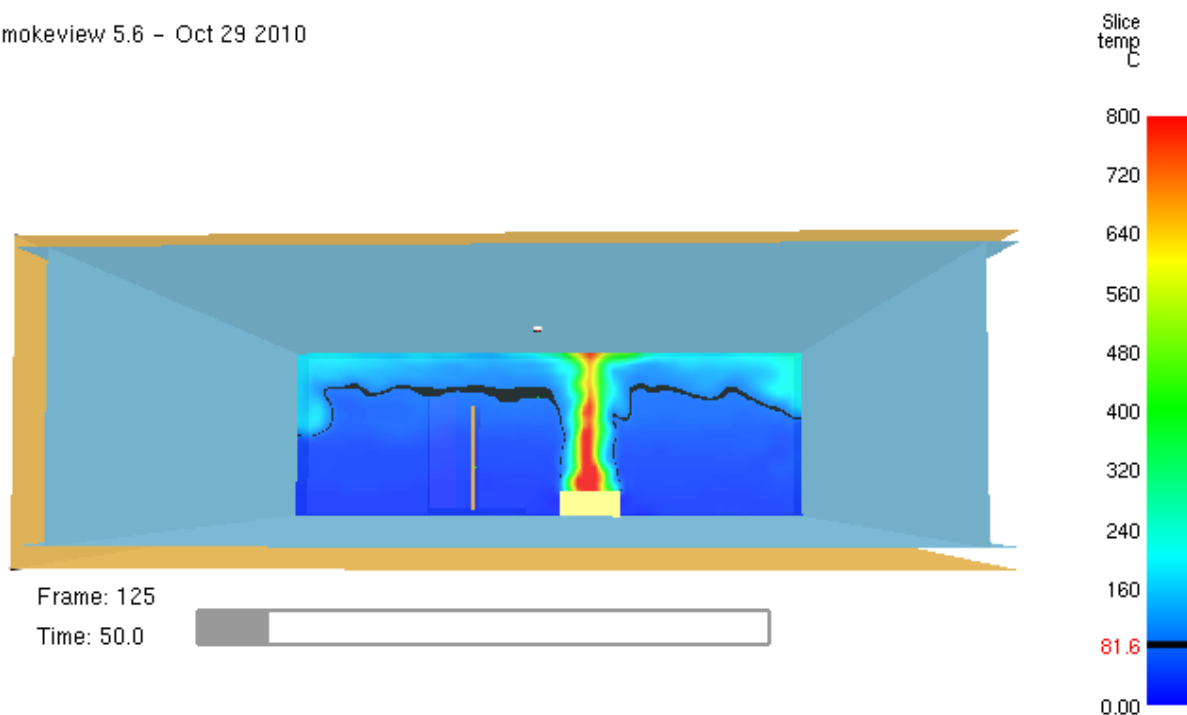


Figur H 2. Sikten i Krumeluren innan åtgärder.

Temperatur

Efter cirka 50 sekunder kan det ses i Figur H 3 att temperaturen når det kritiska värdet på 80 °C i lokalen.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

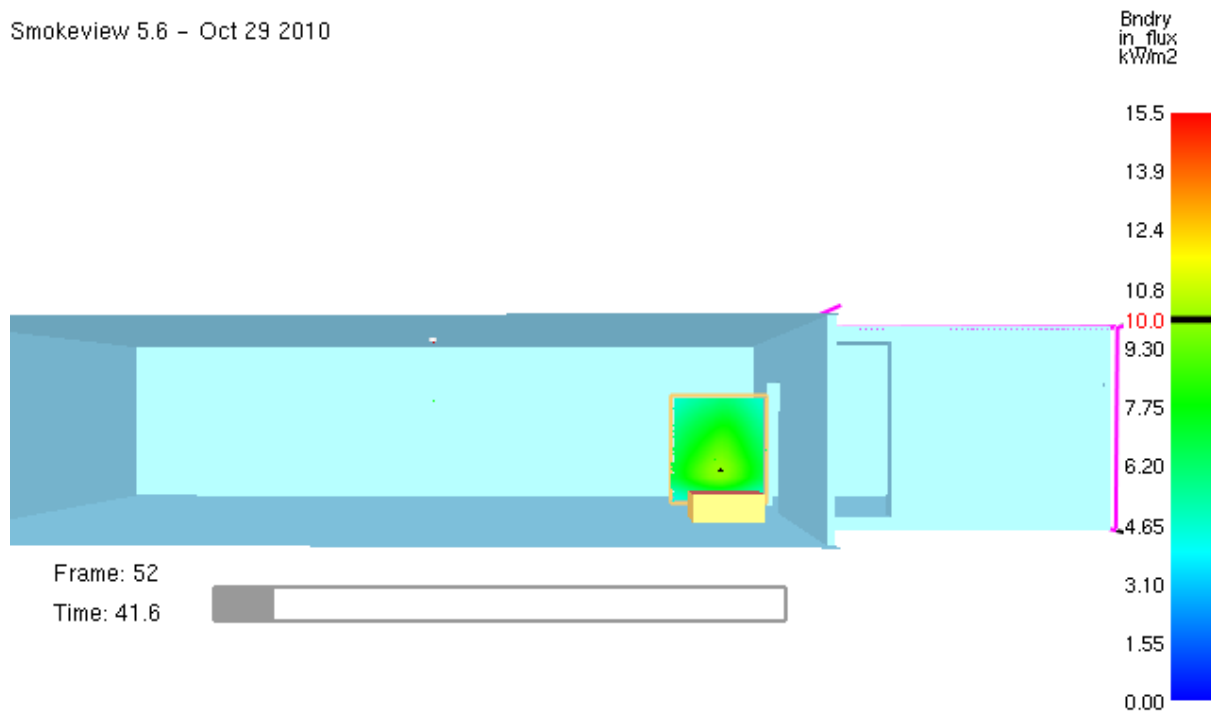


Figur H 3. Temperaturen i Krumeluren innan åtgärder.

Strålning

I Figur H 4 kan det utläsas att strålningen når ett värde på 10 kW/m^2 efter ungefär 41 sekunder.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010



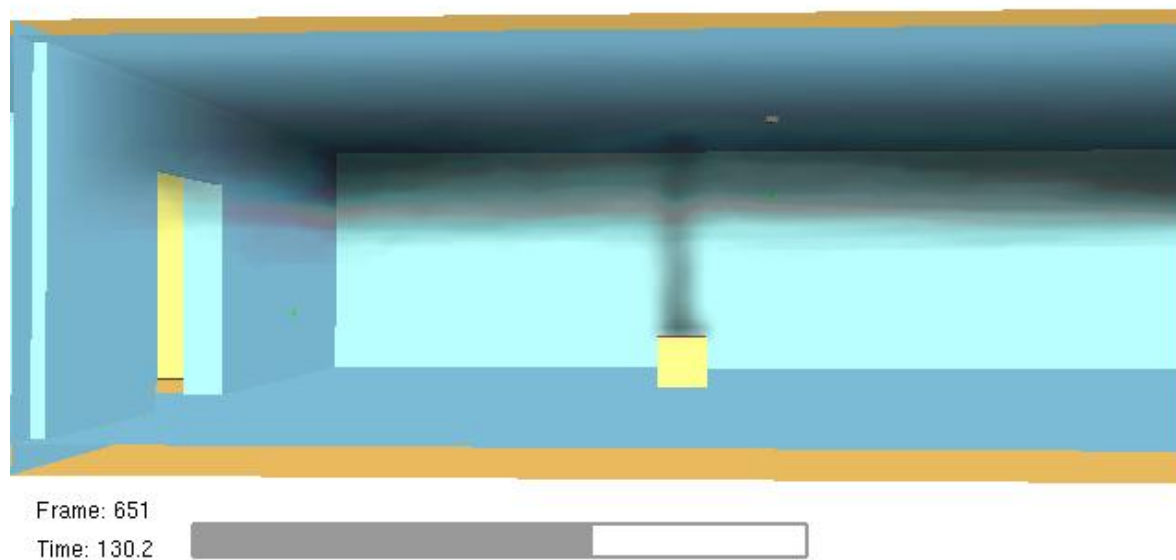
Figur H 4. Strålningen i Krumeluren innan åtgärder.

Efter åtgärder

Resultaten som fås ur simuleringarna och som behandlar åtgärdsförslagen i Krumeluren redovisas nedan.

Brandgaslagrets höjd

I Figur H 5 kan det utläsas att brandgaslagrets höjd når kritiska förhållanden, 1,9 meter, efter cirka 130 sekunder.

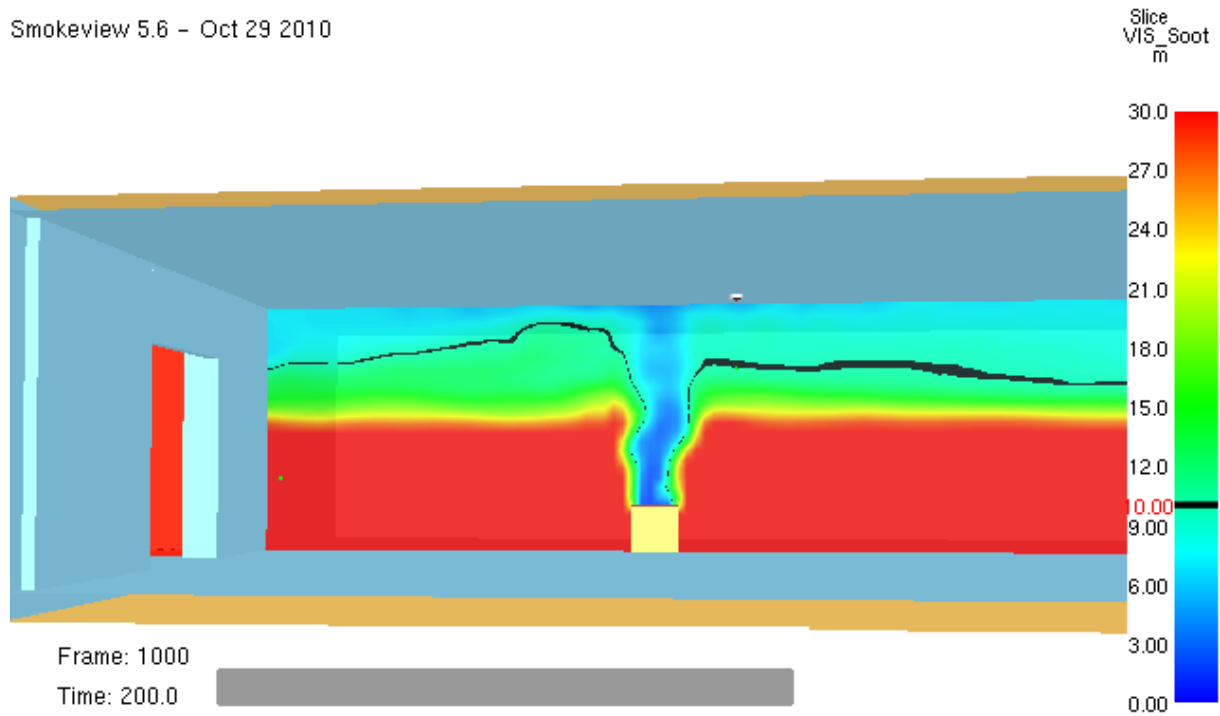


Figur H 5. Brandgaslagrets höjd i Krumeluren efter åtgärder.

Sikt

Sikten i Krumeluren blir kritisk efter ungefär 200 sekunder och det kan ses i Figur H 6.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

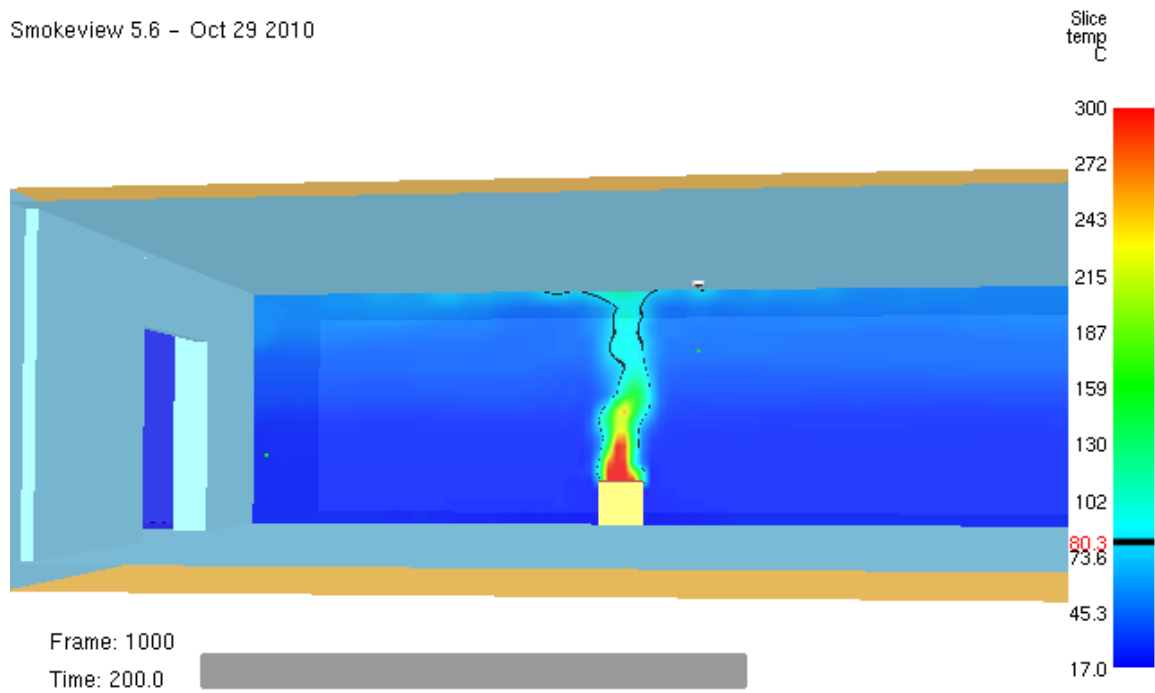


Figur H 6. Sikt i Krumeluren efter åtgärder.

Temperatur

I Figur H 7 ses det att ett rimligt resultat inte kan utläsas gällande temperaturen i Filmsalen efter åtgärder. Detta för att flamtemperaturen är för låg för att kunna vara realistisk, den bör vara betydligt högre. På grund av den låga flamtemperaturen kommer övriga resultat också vara felaktiga.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010



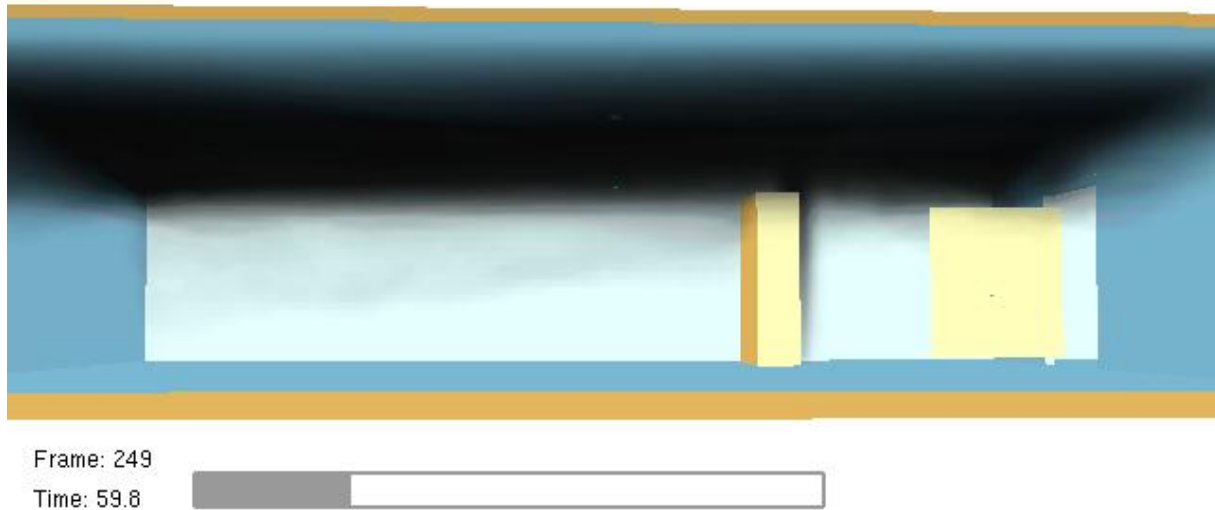
Figur H 7. Temperaturen i Krumeluren efter åtgärder.

Förkastade åtgärder

I följande del av rapporten presenteras resultaten som fås från simuleringar av förkastade åtgärdsförslag i Krumeluren.

Brandgaslagrets höjd

I Figur H 8 ses det att brandgaslagret når en kritisk höjd, 1,9 meter, efter cirka 60 sekunder.

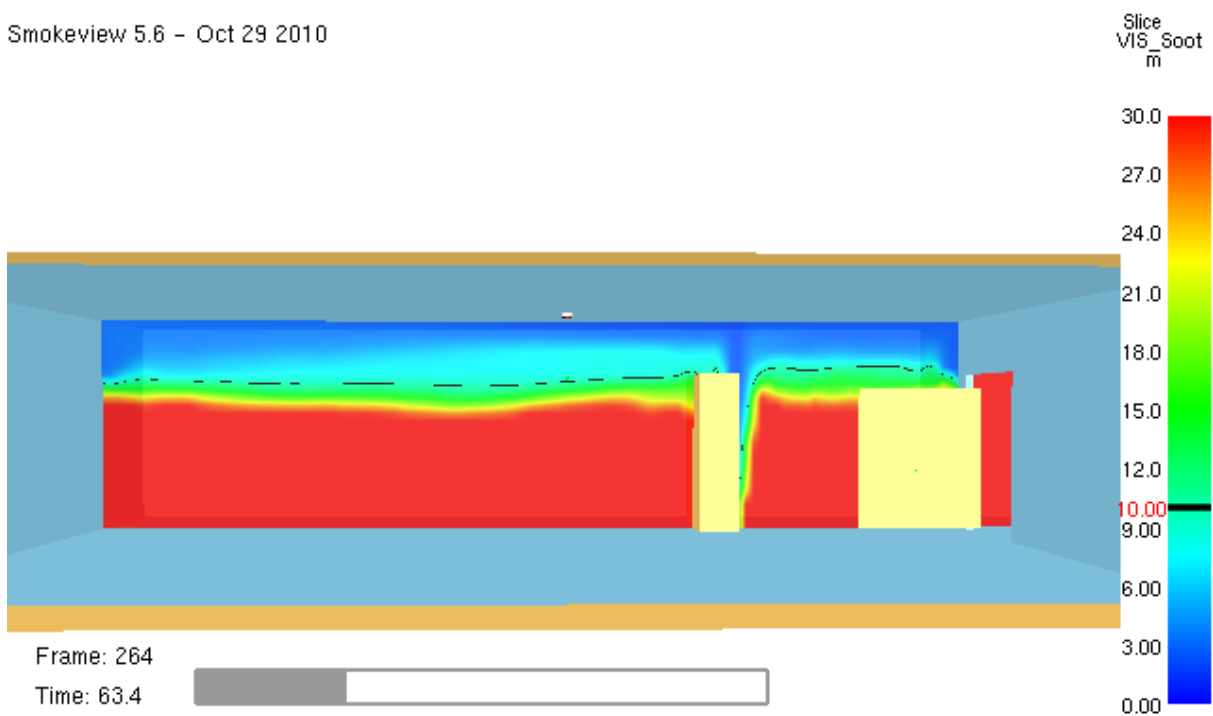


Figur H 8. Brandgaslagrets höjd i Krumeluren efter förkastade åtgärder.

Sikt

Tio meters sikt uppstår i Krumeluren efter ungefär 63 sekunder, detta kan ses i Figur H 9.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

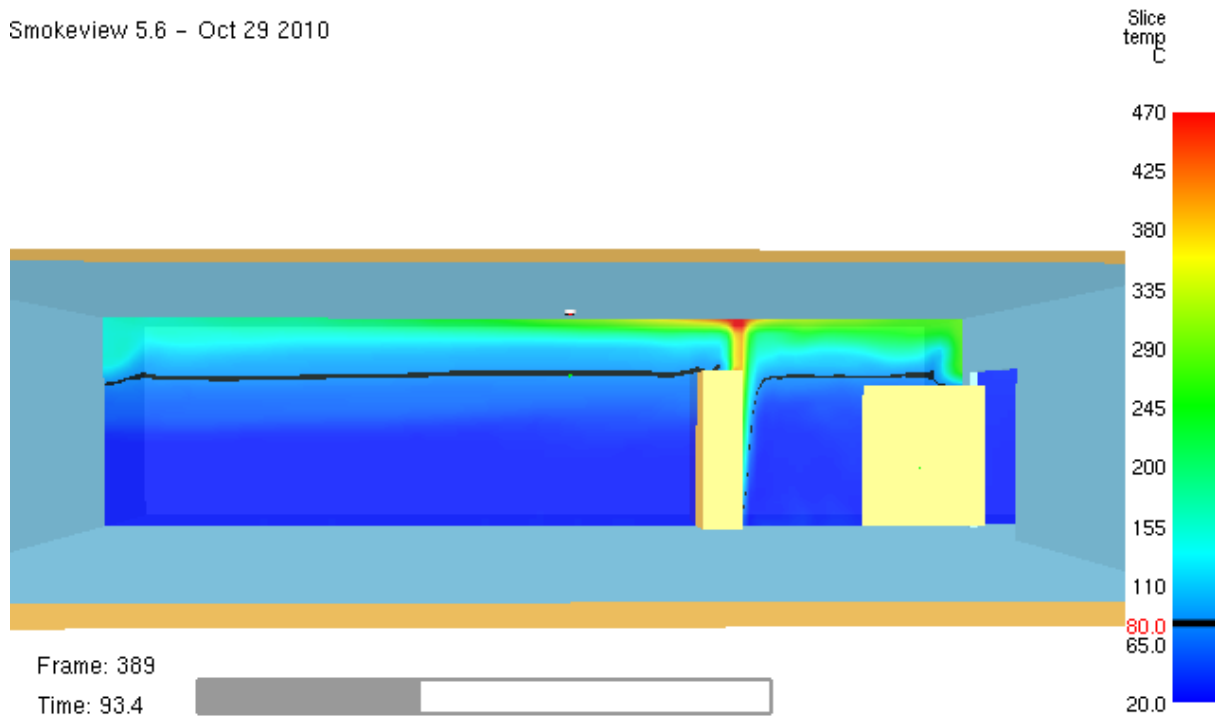


Figur H 9. Sikten i Krumeluren efter förkastade åtgärder.

Temperatur

En temperatur på 80° C uppnås på kritisk höjd, 1,9 meter, efter cirka 93 sekunder och det kan ses i Figur H 10.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Figur H 10. Temperaturen i Krumeluren efter förkastade åtgärder.

Scenario C - Filmsalen

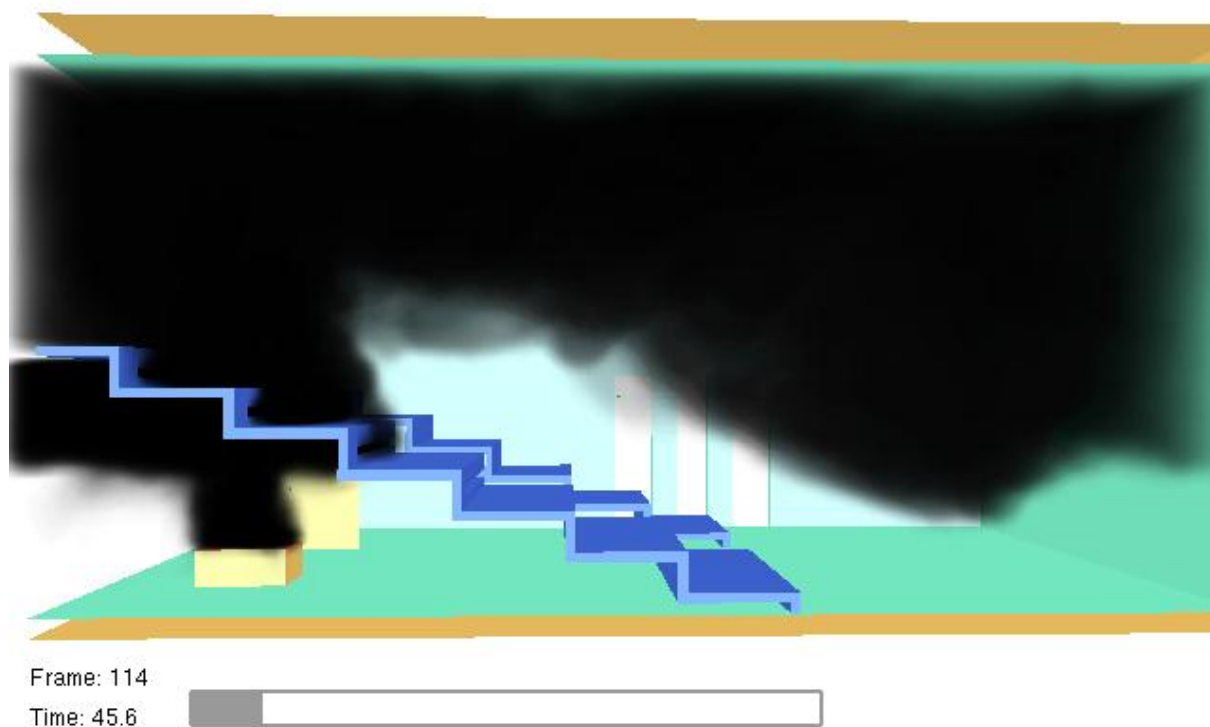
De resultat som har fått ur simuleringar i Filmsalen presenteras nedan.

Innan åtgärder

Nedan redovisas resultaten från simuleringarna i Filmsalen, innan åtgärder, i form av bilder för brandgaslagrets höjd, sikt, temperatur och strålning.

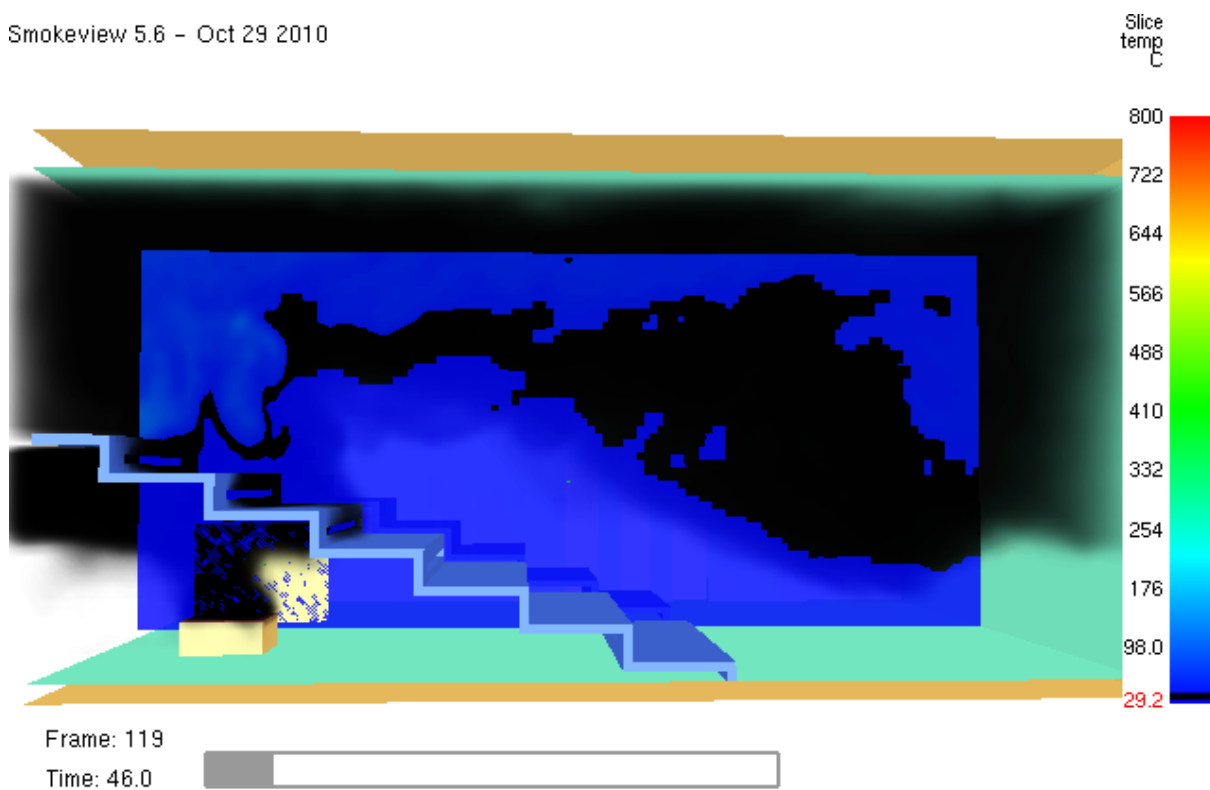
Brandgaslagrets höjd

I Filmsalen innan åtgärder var det svårt att utläsa ett rimligt värde på när brandgaslagret nådde den kritiska nivån. Detta eftersom brandgaserna hade orimligt låga temperaturer, vilket kan ses i Figur H 12, och på så sätt är det svårt att avgöra om höjden på brandgaserna sjunker så fort som det ser ut att göra i Figur H 11.



Figur H 11. Brandgaslagrets höjd i Filmsalen innan åtgärder.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

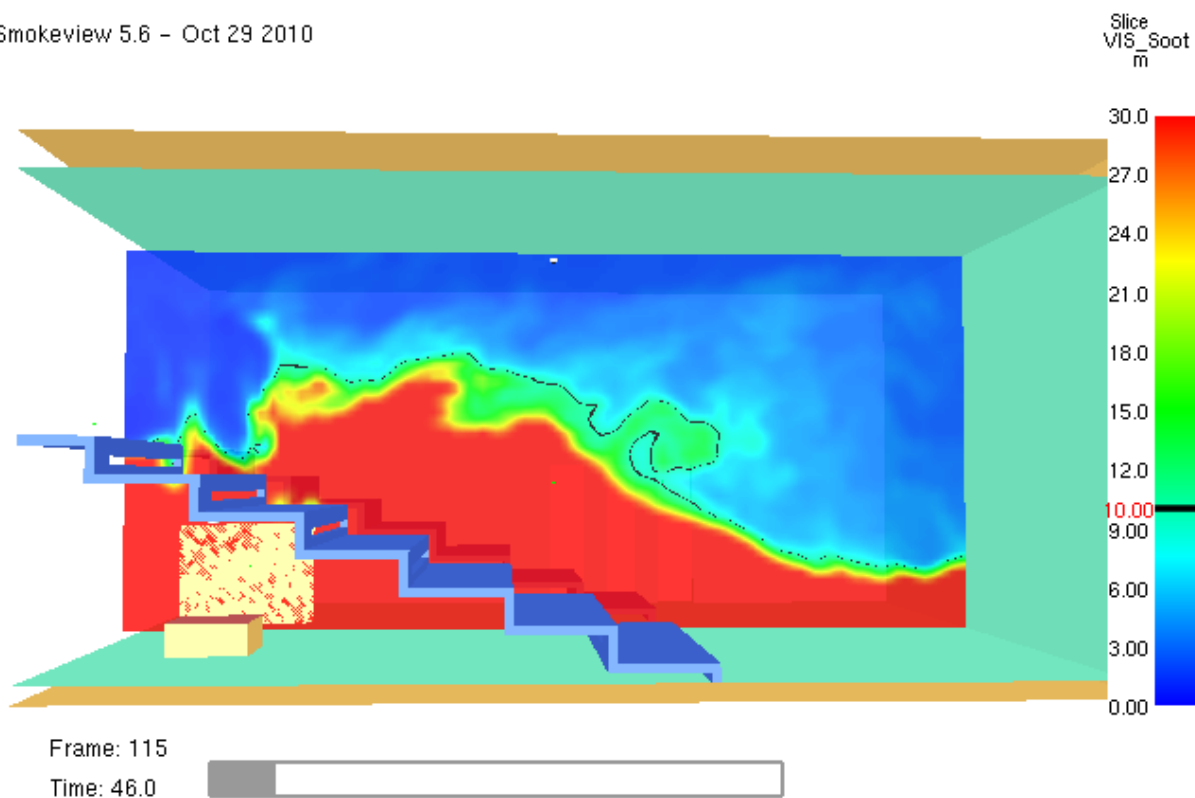


Figur H 12. Brandgaslagrets höjd och temperatur i Filmsalen innan åtgärder.

Sikt

Innan åtgärder i Filmsalen nådde sikten den kritiska nivån på tio meter efter ungefär 46 sekunder och detta visas i Figur H 13.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

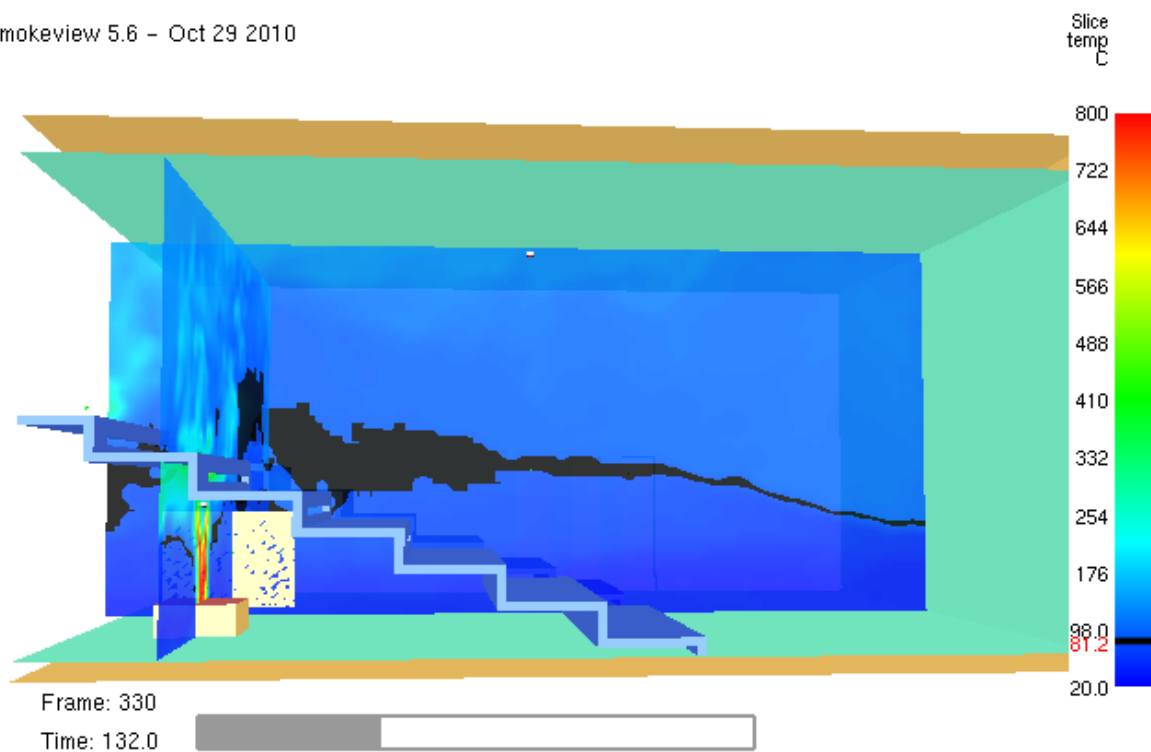


Figur H 13. Sikten i Filmsalen innan åtgärder.

Temperatur

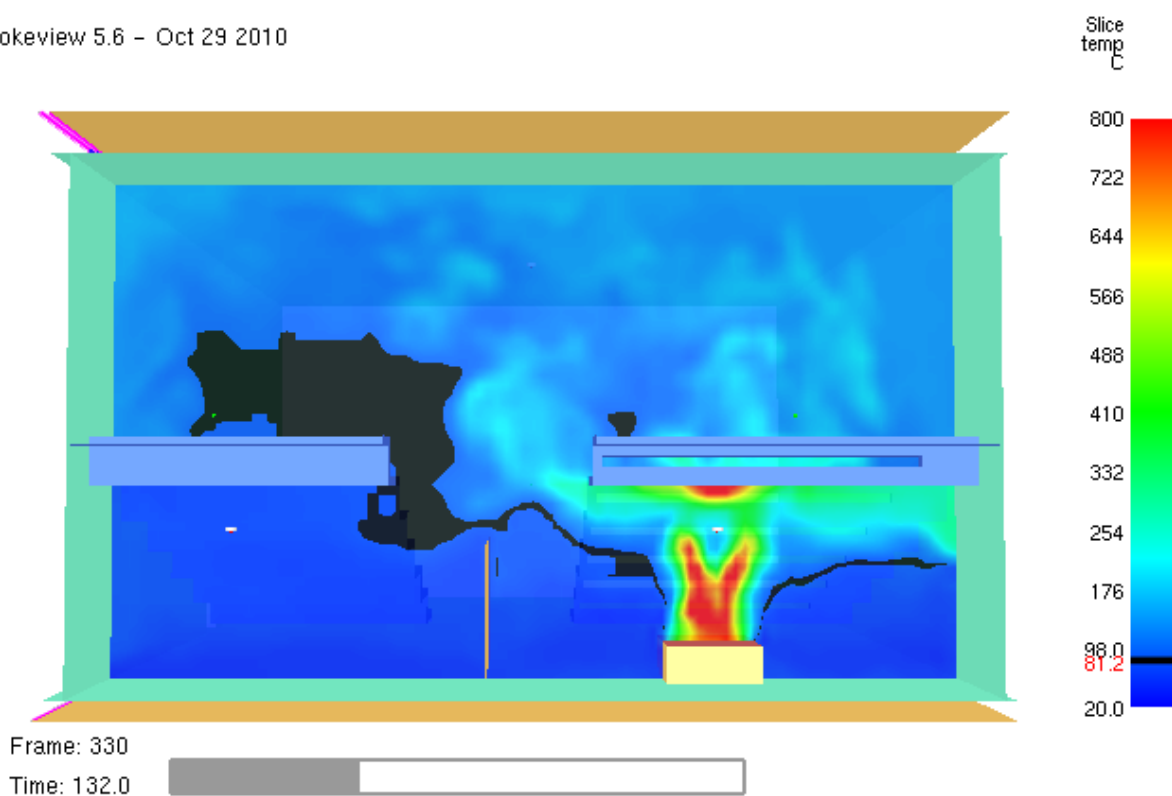
Temperaturen når en kritisk nivå på 80 °C efter cirka 132 sekunder i Filmsalen innan åtgärder. Detta visas i Figur H 14. Flammans temperatur redovisas i Figur H 15.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010



Figur H 14. Temperaturen i Filmsalen innan åtgärder.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

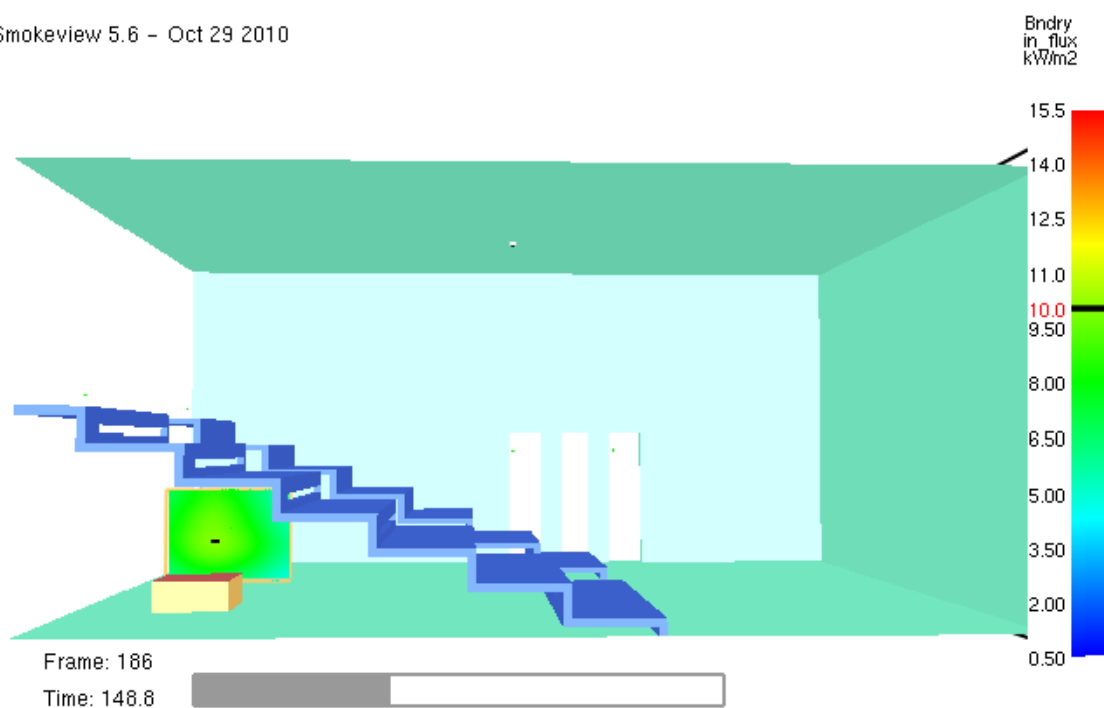


Figur H 15. Flammans temperatur i Filmsalen innan åtgärder.

Strålning

Efter ungefär 149 sekunder blir strålningen blir så hög, 10 kW/m^2 , att personer inte kan passera utan att utsättas för kritiska förhållanden.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010



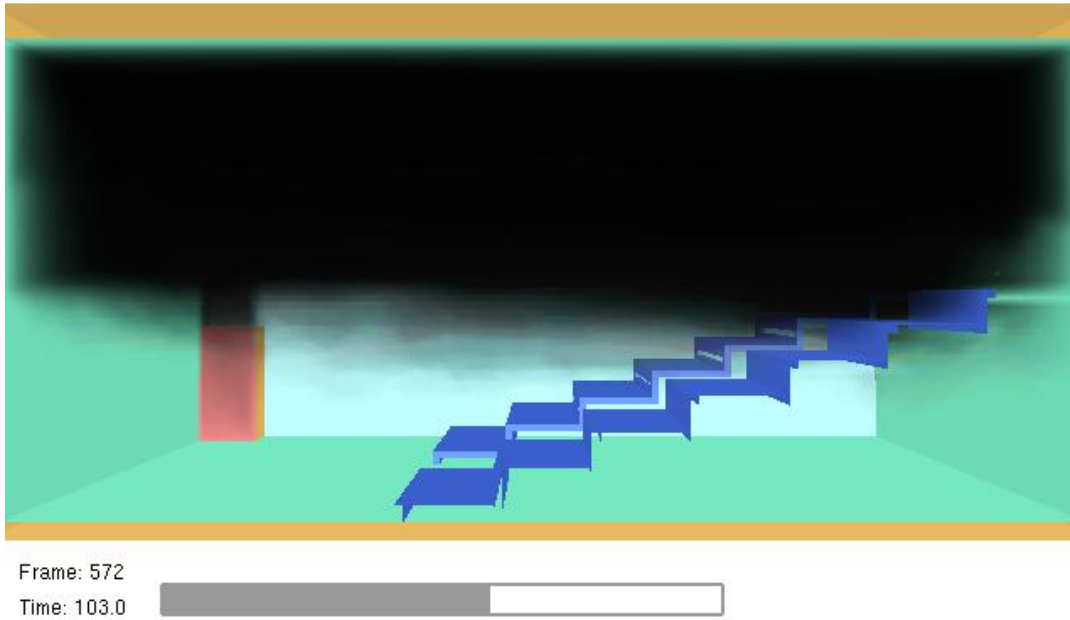
Figur H 16. Strålningen i Filmsalen innan åtgärder.

Efter åtgärder

Resultaten från simuleringarna i Filmsalen, efter åtgärder, redovisas nedan.

Brandgaslagrets höjd

Figur H 17 visar att brandgaserna når en kritisk höjd, 2,1 meter, efter cirka 103 sekunder.

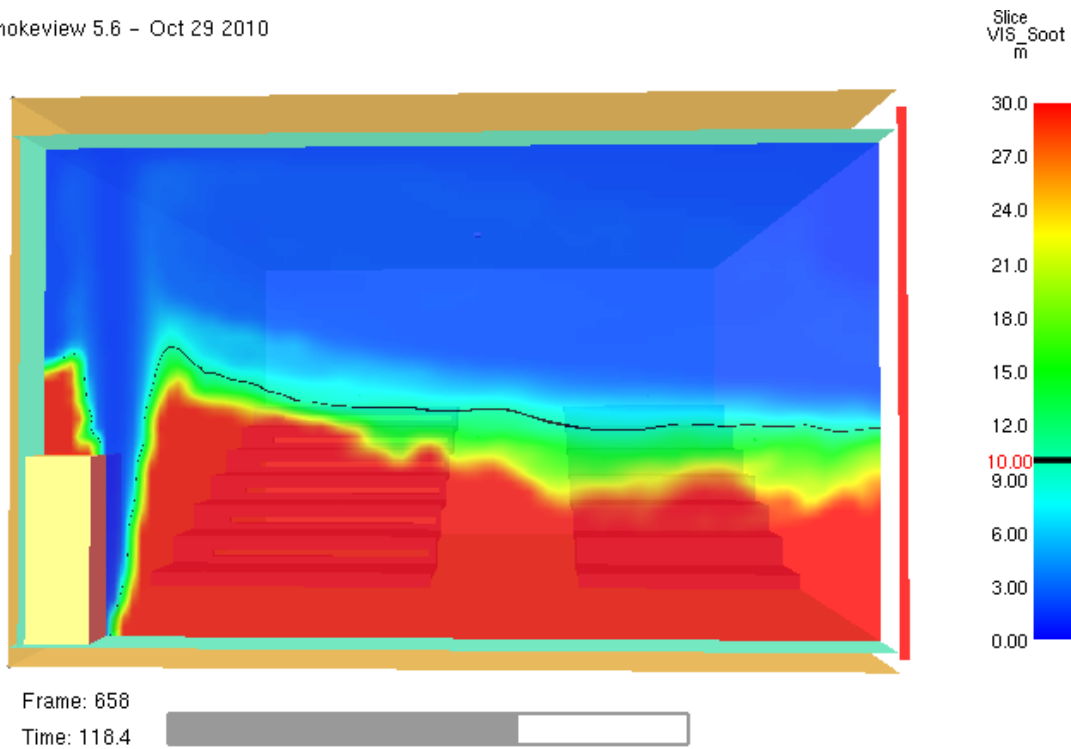


Figur H 17. Brandgaslagrets höjd i Filmsalen efter åtgärder.

Sikt

Figur H 18 visar att sikten är tio meter i Filmsalen efter ungefär 118 sekunder.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

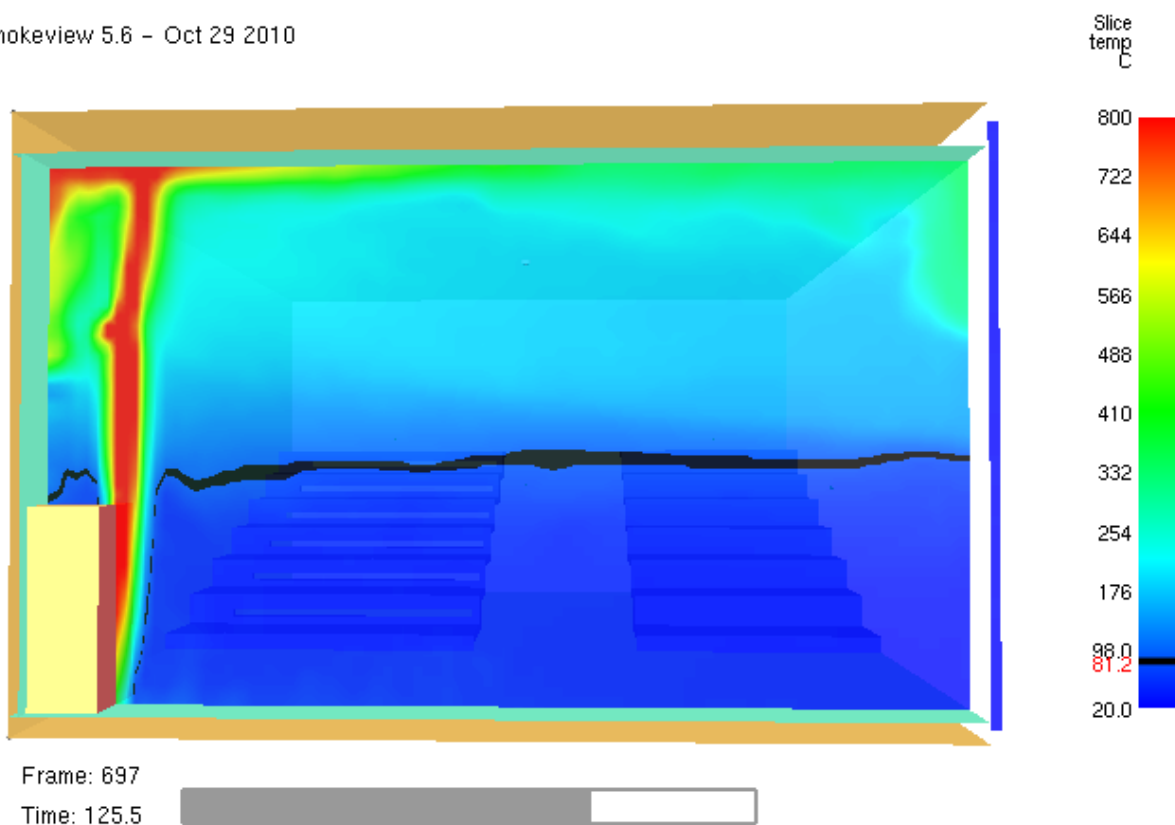


Figur H 18. Sikten i Filmsalen efter åtgärder.

Temperatur

Temperaturen i Filmsalen når den kritiska nivån på 80 °C efter cirka 125 sekunder.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



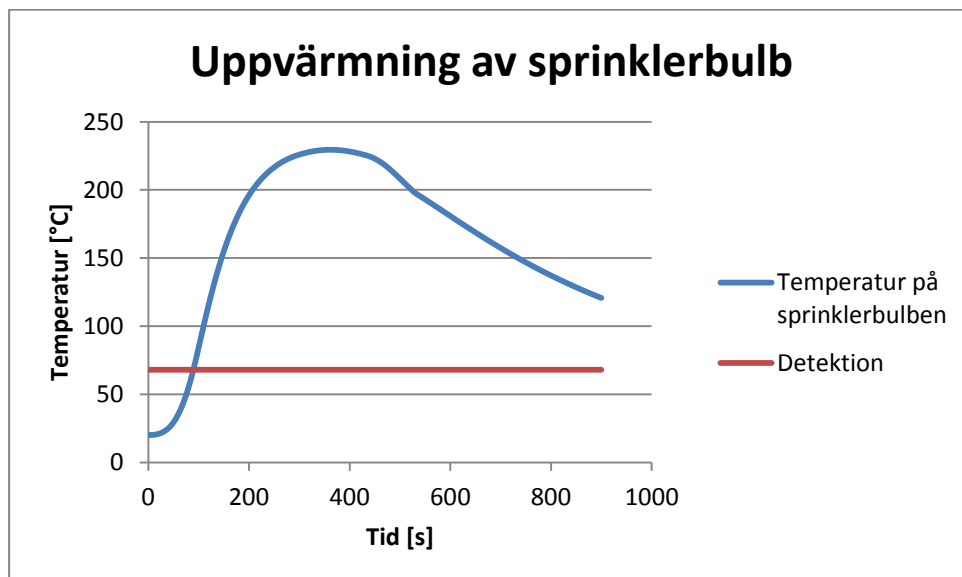
Figur H 19. Temperaturen i Filmsalen efter åtgärder.

Bilaga I – Förkastade åtgärder i Krumeluren

I följande avsnitt kommer de åtgärdsförslag som har förkastats i Krumeluren att presenteras. Anledningen till att förslagen har förkastats är att de inte leder till att en säker utrymning kan ske ut ur Krumeluren innan kritiska förhållanden råder där.

Sprinkler

Eftersom tiden till kritiska förhållanden var kortare än utrymningstiden i Krumeluren, när rummet var uppbyggt på samma sätt som det var vid platsbesöket, krävs det att åtgärder vidtas. Det första åtgärdsförslaget som diskuterades var att installera sprinkler i rummet för att begränsa branden i ett tidigt skede. Scenariot simulerades i CFAST med sex stycken sprinklerhuvuden i taket och resultatet syns i Figur I 1. Eftersom sprinklerna inte aktiveras förrän efter 100 sekunder och kritiska förhållanden uppstår efter 23 sekunder, se kapitel 8.4, innebär det att åtgärdsförslaget inte är aktuellt och det förkastas av den orsaken. Vid mindre bränder i utrymmet ökar tiden till aktivering av sprinkler och med anledning av det används inte sprinkler i fortsättningen när mindre bränder undersöks. Det måste alltså utredas vidare vilka åtgärder som krävs i utrymmet för att kunna säkerställa en säker utrymning innan kritiska förhållanden uppstår.



Figur I 1. Visar vid vilken tid sprinklerhuvudet aktiveras.

Brand i skåp

Efter att soffan i Krumeluren har flamskyddsbehandlats anses nästa värsta brandscenario vara brand i skåp, se Figur I 2. Nedan presenteras de resultat som har använts för att ta fram en säkerhetsmarginal för utrymmet.

Brandscenario

Det värsta troliga scenariot som kan uppstå i Krumeluren efter att soffan har blivit flamskyddsbehandlad är ifall det skulle börja brinna i något av de skåp som är placerade i rummet. Det nya scenariot innebär att det börjar brinna i det höga skåpet som är beläget på den högra sidan efter ingången, se Figur I 2. I scenariot har branden en maximal effekt på 1250 kW och α -värdet 0,022 kW/s² använts. Det innebär att branden antas nå sin maxeffekt efter ungefär 240 sekunder. Värdena är hämtade ur boken Initial Fires av Stefan Särqvist (1993).



Figur I 2. Visar skåpet som antas brinna i scenariot.

Tid till utrymning

I följande avsnitt kommer den totala utrymningstiden då det är ett skåp som brinner i Krumeluren att beräknas och redovisas.

Varseblivningstid

I FDS har en rökdetektor placerats i mitten av rummets takyta, den aktiveras efter 13 sekunder, se Tabell H 1. På grund av brandens läge är det inte troligt att människorna i lokalen kommer att uppfatta branden långt innan rökdetektorn aktiveras. Eftersom det är rimligt att anta att både en något snabbare detektering skulle kunna ske samtidigt som en långsammare kan inträffa väljs en triangelfördelning; minimivärdet tio sekunder, toppvärdet 14 sekunder och maximivärdet 20 sekunder för att beskriva varseblivningstiden.

Förberedelsestid

Förberedelsestiden antas likt tidigare, se avsnitt 8.2.2, förklaras med en uniformfördelning; minimivärdet 36 sekunder och maximivärdet 60 sekunder.

Förflyttningstid

Antagandet görs att de vuxna inte kommer leda barnen förbi branden och därför kommer utrymning ske genom den nya dörren som leder direkt ut till det fria. Eftersom antagandet görs att alla kommer utrymma genom samma väg antas förflyttningstiden vara densamma som i scenariot i Krumeluren innan åtgärder, se Bilaga C för ytterligare information. Förflyttningstiden i Krumeluren antas vara normalfördelad med medelvärdet 27 sekunder och standardavvikelsen tre sekunder, se Figur F 3.

Total utrymningstid

I Tabell I 1 visas medelvärdet samt ett 95 % -konfidensintervall för den totala utrymningstiden för museibesökarna efter åtgärder. Med 95 procents säkerhet kommer besökarna i Krumeluren att utrymma inom 105 sekunder, se Figur F 7.

Tabell I 1. Genomsnittliga tiderna för utrymning i Krumeluren samt den totala utrymningstiden med ett 95 % - konfidensintervall.

Krumeluren	
Genomsnittlig varseblivningstid [s]	13
Genomsnittlig förberedelsestid [s]	48
Genomsnittlig förflyttningstid [s]	27
Genomsnittlig total utrymningstid [s]	88
95 % -konfidensintervall på utrymningstiden [s]	105

Tid till kritiska förhållanden

I Tabell I 2 presenteras tiderna till kritiska förhållandet i Krumeluren vid fall av brand i skåp. De faktorer som når kritiska förhållanden fortast är brandgaslagrets höjd samt sikten som blir kritiska efter cirka 60 sekunder.

Tabell I 2. Tid till kritiska förhållanden i Krumeluren.

	Brandgaslagrets höjd	Sikt	Temperatur	Strålning
Tid [s]	60	63	93	-*

* Ej uppmätt då det inte påverkar utrymningen

Säkerhetsmarginal

I Tabell I 3 redovisas den säkerhetsmarginal som konstaterades i fallet med brand i skåp i Krumeluren. Eftersom marginalen är negativ innebär det att åtgärdsförslaget inte är att rekommendera då det inte kan garanteras en säker utrymning ur lokalen med sådana förhållanden. Det innebär att ytterligare åtgärder måste vidtas innan utrymnet kan anses vara säkert, se kapitel 8.6.

Tabell I 3. Säkerhetsmarginalen i Krumeluren vid brand i skåp.

	Kritisk tid [s]	Utrymningstid [s]	Säkerhetsmarginal [s]
FDS	60	105	-45

Bilaga J – Indatafiler FDS

I Bilaga I finns samtliga indatafiler som har använts vid FDS-simuleringarna i den här rapporten.

Galleri 6, innan åtgärder, Scenario A

```
&HEAD CHID='förråd', TITLE='förråd'/
&MESH IJK=72,72,30, XB=0.0,7.2,0.0,7.2,0.0,3.0/
&TIME T_END=400.0/
MISC RADIATION= .TRUE. /
-----
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=4000, COLOR='INDIAN RED', TAU_Q=180.0/
&REAC ID='WOOD',
C=10,H=15,O=7,N=0,
SOOT_YIELD=0.015
CO_YIELD= 0.006
IDEAL = .TRUE./
BRÄNNARE
&OBST XB=5.7,6.7,5.9,6.9,0.2,0.6, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/
-----
VÄGGARNA
&MATL ID ='LBTG'
CONDUCTIVITY=0.15
SPECIFIC_HEAT=1
DENSITY=500/
&MATL ID ='isolering'
CONDUCTIVITY=0.041
SPECIFIC_HEAT=2.09
DENSITY=229/
&SURF ID='Wall'
MATL_ID='isolering','LBTG'
COLOR='AQUAMARINE'
BACKING='EXPOSED'
THICKNESS=0.02,0.08/
&OBST XB=0.0,6.7,0.0,7.2,0.0,0.20, SURF_ID='Wall'/ GOLVET
&OBST XB=6.6,6.7,0.0,7.2,0.2,2.8, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG
&OBST XB=0.1,6.6,0.0,0.3,0.2,2.8, SURF_ID='Wall'/ FRÄMRE VÄGG
&OBST XB=0.0,0.1,0.0,7.2,0.2,2.8, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG
&OBST XB=0.1,6.7,6.9,7.2,0.2,2.8, SURF_ID='Wall'/ BORTRE VÄGG
&OBST XB=0.0,6.7,0.0,7.2,2.8,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAKET
-----
DÖRR
&HOLE XB=6.59,6.71,3.1,4.1,0.2,2.2 /
-----
VENT
&VENT XB=6.7,7.2,7.2,7.2,0.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=6.7,7.2,0.0,0.0,0.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=7.2,7.2,0.0,7.2,0.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=6.7,7.2,0.0,7.2,3.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/
-----
RÖKDETEKTORER
&DEVC ID='DETEKTORTAKET', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=3.3,3.6,2.7 /
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&SLCF PBX= 6.1, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY= 3.6, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&TAIL
```

Krumeluren, innan åtgärder, Scenario B

```
&HEAD CHID='krumeluren', TITLE='krumeluren'/  
&MESH IJK=90,162,30, XB=0.0,9.0,0.0,16.2,0.0,3.0/  
&TIME T_END=400.0/  
MISC RADIATION= .TRUE. /
```

```
-----  
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=3000, COLOR='INDIAN RED', TAU_Q=180/  
&REAC ID='POLYURETHANE',  
C=6.3,H=7.1,O=2.1,N=1.0,  
SOOT_YIELD=0.1  
CO_YIELD= 0.024  
IDEAL = .TRUE./  
BRÄNNARE  
&OBST XB=3.3,4.3,5.3,6.3,0.2,0.6, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/
```

VÄGGARNA

```
&MATL ID ='LBTG'
```

```
CONDUCTIVITY=0.15  
SPECIFIC_HEAT=1  
DENSITY=500/
```

```
&MATL ID ='isolering'
```

```
CONDUCTIVITY=0.041  
SPECIFIC_HEAT=2.09  
DENSITY=229/
```

```
&SURF ID='Wall'
```

```
MATL_ID='isolering','LBTG'  
COLOR='SKY BLUE'  
BACKING='EXPOSED'  
THICKNESS=0.02,0.08/
```

STORA RUMMET

```
&OBST XB=0.0,9.0,4.8,16.2,0.0,0.2, SURF_ID='Wall'/ GOLVET  
&OBST XB=8.7,9.0,4.8,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG  
&OBST XB=0.3,8.7,16.1,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ FRÄMRE VÄGG  
&OBST XB=0.0,0.3,4.8,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG  
&OBST XB=0.3,8.7,4.8,4.9,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ MELLAN VÄGG  
&OBST XB=0.0,9.0,4.8,16.2,2.9,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAK
```

LILLA RUMMET

```
&OBST XB=4.5,9.0,0.1,4.8,0.0,0.2, SURF_ID='Wall'/ GOLV  
&OBST XB=8.7,9.0,0.1,4.8,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG  
&OBST XB=4.5,4.8,0.1,4.8,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG  
&OBST XB=4.5,8.7,0.1,0.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ BAKRE VÄGG  
&OBST XB=4.5,9.0,0.1,4.8,2.9,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAKET
```

DÖRRARNA

```
&HOLE XB=4.9,6.6,4.79,4.91,0.2,2.2/ DÖRRKRUMELUR  
&HOLE XB=6.6,7.6,0.09,0.21,0.2,2.5/ DÖRRFRÄNTRAPPHUS  
&HOLE XB=4.49,4.81,3.3,4.5,0.2,2.8/ DÖRRITRAPPHUS  
&VENT XB=4.5,9.0,0.0,0.0,0.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/ yttermesh  
&VENT XB=0.0,4.5,0.0,4.8,3.0,3.0, SURF_ID='OPEN' / yttermesh
```

STRÅLNING

```
&DEVC ID='strålning', QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX', XYZ=5.7,5.8,1.0, IOR=1 /  
&OBST XB=5.7, 5.7, 5.0, 6.5, 0.3, 2.0, SURF_ID = 'INERT', BNDF_OBST=.TRUE. /
```

KOLDIOXID

```
&DEVC ID='koldioxid_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,1.9, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC_ID='carbon dioxide' /
```

SYRE

```
&DEVC ID='syre_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,1.9, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC_ID='oxygen' /
```

TEMPERATUR

&DEVC ID='temp_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,1.9, QUANTITY='THERMOCOUPLE' /

&DEVC ID='temp_gång', XYZ=5.7,5.8,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE' /

RÖKDETEKTORER

&DEVC ID='DETEKTORTAKET', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.5,10.1,2.8 /

&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /

SLICEFILES

&SLCF PBX=5.7 QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBY=10.1 QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBX=5.7 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBY=5.8 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&MISC BNDF_DEFAULT= .FALSE. /

&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES=500. /

&BNDF QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX' /

&TAIL/

Filmsalen innan åtgärder, Scenario C

```
&HEAD CHID='filmsalen_rätt', TITLE='filmsalen_rätt'/
&MESH IJK=96,125,60, XB=0.0,9.6,0.0,12.5,0.0,6.0/
&TIME T_END=400.0/
MISC RADIATION= .TRUE. /
-----
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=3500, COLOR='INDIAN RED', TAU_Q=300.0/
&REAC ID='POLYURETHANE',
C=6.3,H=7.1,O=2.1,N=1.0,
SOOT_YIELD=0.1
CO_YIELD= 0.024
IDEAL = .TRUE./
BRÄNNARE
&OBST XB=6.3,7.3,1.5,2.5,0.2,0.6, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/
-----
VÄGGARNA
&MATL ID ='LBTG'
CONDUCTIVITY=0.15
SPECIFIC_HEAT=1
DENSITY=500/
&MATL ID ='isolering'
CONDUCTIVITY=0.041
SPECIFIC_HEAT=2.09
DENSITY=229/
&SURF ID='Wall'
MATL_ID='isolering','LBTG'
COLOR='AQUAMARINE'
BACKING='EXPOSED'
THICKNESS=0.02,0.08/
&OBST XB=0.1,9.6,0.0,12.5,0.0,0.20, SURF_ID='Wall'/ GOLVET
&OBST XB=9.5,9.6,0.0,12.5,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG
&OBST XB=0.3,9.5,0.0,0.2,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ FRÄMRE VÄGG
&OBST XB=0.1,0.3,0.0,12.5,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG
&OBST XB=0.3,9.5,12.3,12.5,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ BORTRE VÄGG
&OBST XB=0.1,9.6,0.0,12.5,5.6,6.0, SURF_ID='Wall'/ TAKET
-----
trappsteg 1-7, uppifrån och ner på vänster sida
&OBST XB=0.3,3.4,0.2,1.2,2.7,2.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,1.2,1.3,2.8,2.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=0.3,3.4,1.3,2.3,2.3,2.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,2.3,2.4,2.4,1.9, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=0.3,3.4,2.4,3.4,1.9,2.0, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,3.4,3.5,2.0,1.5, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=0.3,3.4,3.5,4.5,1.5,1.6, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,4.5,4.6,1.6,1.1, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=0.3,3.4,4.6,5.6,1.1,1.2, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,5.6,5.7,1.2,0.7, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=0.3,3.4,5.7,6.7,0.7,0.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,6.7,6.8,0.8,0.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=0.3,3.4,6.8,7.8,0.3,0.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=0.3,3.4,7.8,7.9,0.4,0.2, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
-----
trappsteg 1-7, uppifrån och ner på höger sida
&OBST XB=5.5,9.5,0.2,1.2,2.7,2.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,1.2,1.3,2.8,2.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,1.3,2.3,2.3,2.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,2.3,2.4,2.4,1.9, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,2.4,3.4,1.9,2.0, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,3.4,3.5,2.0,1.5, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,3.5,4.5,1.5,1.6, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
```

Bilaga J – Indatafiler FDS

&OBST XB=5.5,9.5,4.5,4.6,1.6,1.1, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,4.6,5.6,1.1,1.2, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,5.6,5.7,1.2,0.7, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,5.7,6.7,0.7,0.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,6.7,6.8,0.8,0.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,6.8,7.8,0.3,0.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,7.8,7.9,0.4,0.2, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

HÅL I LÄKTAREN ;)

&HOLE XB=5.6,8.9,1.19,1.31,2.5,2.6 /
&HOLE XB=5.6,8.9,2.29,2.41,2.1,2.2 /
&HOLE XB=5.6,8.9,3.39,3.51,1.7,1.8 /
&HOLE XB=5.6,8.9,4.49,4.61,1.3,1.4 /
&HOLE XB=5.6,8.9,5.59,5.71,0.9,1.0 /
&HOLE XB=5.6,8.9,6.69,6.81,0.5,0.6 /

DÖRRARNA

&HOLE XB=0.05,0.31,6.4,7.0,0.2,2.6/ DÖRR1 FIXA
&HOLE XB=0.05,0.31,7.4,7.9,0.2,2.6/ DÖRR2 FIXA
&HOLE XB=0.05,0.31,8.3,8.9,0.2,2.6/ DÖRR3 FIXA
&VENT XB=0.0,0.0,0.0,12.5,0.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/ yttermesh
&VENT XB=0.0,0.1,0.0,12.5,6.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/ tak
&VENT XB=0.0,0.1,0.0,0.0,0.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/ sida
&VENT XB=0.0,0.1,12.5,12.5,0.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/

DEVICES FÖR ATT MÄTA CO, CO2, O2, INFALLANDE STRÅLNING, TEMPERATUR KOLDIOXID

&DEVC ID='koldioxid_mittirummet', XYZ=4.9,6.3,2.3, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /
&DEVC ID='koldioxid_vänsterläktare', XYZ=1.7,0.7,3.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /
&DEVC ID='koldioxid_högerläktare', XYZ=7.5,0.7,3.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /
&DEVC ID='kolmonoxid_utgång', XYZ=1.0,8.3,2.3, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='carbon dioxide' /

SYRE

&DEVC ID='syre_mittirummet', XYZ=4.9,6.3,2.3, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /
&DEVC ID='syre_vänsterläktare', XYZ=1.7,0.7,3.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /
&DEVC ID='syre_högerläktare', XYZ=7.5,0.7,3.0, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /
&DEVC ID='syre_utgång', XYZ=1.0,8.3,2.3, QUANTITY='VOLUME FRACTION',
SPEC_ID='oxygen' /

TEMPERATUR

&DEVC ID='temp_mittirummet', XYZ=4.9,6.3,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='temp_vänsterläktare', XYZ=1.7,0.7,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='temp_högerläktare', XYZ=7.5,0.7,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='temp_utgång', XYZ=1.0,8.3,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

STRÅLNING

&DEVC ID='strålning_gång', QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX', XYZ=4.4,2.0,1.1, IOR=-1 /
&OBST XB=4.4, 4.4, 1.0, 2.9, 0.3, 1.7, SURF_ID = 'INERT', BNDF_OBST=.TRUE. /
&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES=500/ antalet rays
&MISC BNDF_DEFAULT=.FALSE./
&BNDF QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX'/

SLICEFILES

&SLCF PBX= 4.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY= 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX= 0.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBY= 6.3, QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX= 4.4, QUANTITY='VISIBILITY' /

RÖKDETEKTORER

&DEVC ID='DETEKTORTAKET', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.9,6.3,5.4 /
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&DEVC ID='DETEKTOR_LÄKTAREVÄNSTER', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=1.6,2.0,1.8 /
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&DEVC ID='DETEKTOR_LÄKTAREHÖGER', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=6.9,2.0,1.8 /
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&TAIL/

Krumeluren, förkastad åtgärd

```
&HEAD CHID='krumelurengarderob2', TITLE='krumelurengarderob2'/  
&MESH IJK=90,162,30, XB=0.0,9.0,0.0,16.2,0.0,3.0/  
&TIME T_END=240.0/  
MISC RADIATION= .TRUE. /
```

```
-----  
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=417, COLOR='INDIAN RED', TAU_Q=240/  
&REAC ID='WOOD',  
C=10,H=15,O=7,N=0,  
SOOT_YIELD=0.015  
CO_YIELD= 0.006  
IDEAL = .TRUE./  
BRÄNNARE  
&OBST XB=6.2,7.7,7.9,8.4,0.2,2.2, SURF_ID6='INERT','INERT','FIRE','INERT','INERT','INERT'/
```

VÄGGARNA

```
&MATL ID='LBTG'
```

```
CONDUCTIVITY=0.15  
SPECIFIC_HEAT=1  
DENSITY=500/
```

```
&MATL ID='isolering'
```

```
CONDUCTIVITY=0.041  
SPECIFIC_HEAT=2.09  
DENSITY=229/
```

```
&SURF ID='Wall'
```

```
MATL_ID='isolering','LBTG'  
COLOR='SKY BLUE'  
BACKING='EXPOSED'  
THICKNESS=0.02,0.08/
```

STORA RUMMET

```
&OBST XB=0.0,9.0,4.8,16.2,0.0,0.2, SURF_ID='Wall'/ GOLVET  
&OBST XB=8.7,9.0,4.8,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG  
&OBST XB=0.3,8.7,16.1,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ FRÄMRE VÄGG  
&OBST XB=0.0,0.3,4.8,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG  
&OBST XB=0.3,8.7,4.8,4.9,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ MELLAN VÄGG  
&OBST XB=0.0,9.0,4.8,16.2,2.9,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAK
```

LILLA RUMMET

```
&OBST XB=4.5,9.0,0.1,4.8,0.0,0.2, SURF_ID='Wall'/ GOLV  
&OBST XB=8.7,9.0,0.1,4.8,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG  
&OBST XB=4.5,4.8,0.1,4.8,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG  
&OBST XB=4.5,8.7,0.1,0.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ BAKRE VÄGG  
&OBST XB=4.5,9.0,0.1,4.8,2.9,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAKET
```

DÖRRARNA

```
&HOLE XB=4.9,6.6,4.79,4.91,0.2,2.2/ DÖRRKRUMELUR  
&HOLE XB=6.6,7.6,0.09,0.21,0.2,2.5/ DÖRRFRÄNTRAPPHUS  
&HOLE XB=4.49,4.81,3.3,4.5,0.2,2.8/ DÖRRITRAPPHUS  
&VENT XB=4.5,9.0,0.0,0.0,0.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/ yttermesh  
&VENT XB=0.0,4.5,0.0,4.8,3.0,3.0, SURF_ID='OPEN' / yttermesh
```

STRÅLNING

```
&DEVC ID='strålning', QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX', XYZ=5.7,5.8,1.0, IOR=1 /  
&OBST XB=5.7, 5.7, 5.0, 6.5, 0.3, 2.0, SURF_ID = 'INERT', BNDF_OBST=.TRUE. /
```

KOLDIOXID

```
&DEVC ID='koldioxid_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,2.1, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC_ID='carbon dioxide' /
```

SYRE

```
&DEVC ID='syre_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,2.1, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC_ID='oxygen' /
```

TEMPERATUR

&DEVC ID='temp_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,2.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE' /

&DEVC ID='temp_gång', XYZ=5.7,5.8,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE' /

RÖKDETEKTORER

&DEVC ID='DETEKTORTAKET', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.5,10.1,2.8 /

&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /

SLICEFILES

&SLCF PBX=5.7 QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBY=10.1 QUANTITY='VISIBILITY' /

&SLCF PBX=5.7 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBY=5.8 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBX=8.1 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBX=6.9 QUANTITY='TEMPERATURE' /

&SLCF PBX=6.9 QUANTITY='VISIBILITY' /

&MISC BNDF_DEFAULT= .FALSE. /

&RADI NUMBER_RADIATION_ANGLES=500. /

&BNDF QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX' /

&TAIL/

Krumeluren, efter åtgärder

```
&HEAD CHID='krumelurenstol', TITLE='krumelurenstol'/  
&MESH IJK=90,162,30, XB=0.0,9.0,0.0,16.2,0.0,3.0/  
&TIME T_END=200.0/  
MISC RADIATION= .TRUE. /
```

```
-----  
&SURF ID='FIRE', HRRPUA=320, COLOR='INDIAN RED', TAU_Q=180/  
&REAC ID='WOOD',  
C=10,H=15,O=7,N=0,  
SOOT_YIELD=0.015  
CO_YIELD= 0.006  
IDEAL = .TRUE./  
BRÄNNARE  
&OBST XB=3.0,3.5,9.0,9.5,0.2,0.7, SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','FIRE'/
```

VÄGGARNA

```
&MATL ID='LBTG'
```

```
CONDUCTIVITY=0.15  
SPECIFIC_HEAT=1  
DENSITY=500/
```

```
&MATL ID='isolering'
```

```
CONDUCTIVITY=0.041  
SPECIFIC_HEAT=2.09  
DENSITY=229/
```

```
&SURF ID='Wall'
```

```
MATL_ID='isolering','LBTG'  
COLOR='SKY BLUE'  
BACKING='EXPOSED'  
THICKNESS=0.02,0.08/
```

STORA RUMMET

```
&OBST XB=0.0,9.0,4.8,16.2,0.0,0.2, SURF_ID='Wall'/ GOLVET  
&OBST XB=8.7,9.0,4.8,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG  
&OBST XB=0.3,8.7,16.1,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ FRÄMRE VÄGG  
&OBST XB=0.0,0.3,4.8,16.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG  
&OBST XB=0.3,8.7,4.8,4.9,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ MELLAN VÄGG  
&OBST XB=0.0,9.0,4.8,16.2,2.9,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAK
```

LILLA RUMMET

```
&OBST XB=4.5,9.0,0.1,4.8,0.0,0.2, SURF_ID='Wall'/ GOLV  
&OBST XB=8.7,9.0,0.1,4.8,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG  
&OBST XB=4.5,4.8,0.1,4.8,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG  
&OBST XB=4.5,8.7,0.1,0.2,0.2,2.9, SURF_ID='Wall'/ BAKRE VÄGG  
&OBST XB=4.5,9.0,0.1,4.8,2.9,3.0, SURF_ID='Wall'/ TAKET
```

DÖRRARNA

```
&HOLE XB=4.9,6.6,4.79,4.91,0.2,2.2/ DÖRRKRUMELUR  
&HOLE XB=6.6,7.6,0.09,0.21,0.2,2.5/ DÖRRFRÄNTRAPPHUS  
&HOLE XB=4.49,4.81,3.3,4.5,0.2,2.8/ DÖRRITRAPPHUS  
&VENT XB=4.5,9.0,0.0,0.0,0.0,3.0, SURF_ID='OPEN'/ yttermesh  
&VENT XB=0.0,4.5,0.0,4.8,3.0,3.0, SURF_ID='OPEN' / yttermesh
```

KOLDIOXID

```
&DEVC ID='koldioxid_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,2.1, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC_ID='carbon dioxide' /
```

SYRE

```
&DEVC ID='syre_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,2.1, QUANTITY='VOLUME FRACTION',  
SPEC_ID='oxygen' /
```

TEMPERATUR

```
&DEVC ID='temp_mittirummet', XYZ=4.5,10.1,2.1, QUANTITY='THERMOCOUPLE' /  
&DEVC ID='temp_gång', XYZ=5.7,5.8,1.0, QUANTITY='THERMOCOUPLE' /
```

RÖKDETEKTORER

&DEVC ID='DETEKTORTAKET', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.5,10.1,2.8 /
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /

SLICEFILES

&SLCF PBX=5.7 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=10.1 QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX=5.7 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=5.8 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=8.1 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.3 QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.3 QUANTITY='VISIBILITY' /
&TAIL/

Filmsalen, efter åtgärder

HRR 2880 kW

&HEAD CHID='filmsalendukigen', TITLE='filmsalendukigen/'

&MESH IJK=96,125,60, XB=0.0,9.6,0.0,12.5,0.0,6.0/

&TIME T_END=180.0/

MISC RADIATION= .TRUE. /

&SURF ID='FIRE', HRRPUA=1440, COLOR='INDIAN RED', TAU_Q=180.0/ 180.0 sen

&REAC ID='WOOD',

C=10,H=15,O=7,N=0,

SOOT_YIELD=0.015

CO_YIELD= 0.006

IDEAL = .TRUE./

BRÄNNARE

&OBST XB=8.8,9.5,11.3,12.3,0.2,2.2, SURF_ID6='FIRE','INERT','INERT','INERT','INERT','INERT'/

VÄGGARNA

&MATL ID ='LBTG'

CONDUCTIVITY=0.15

SPECIFIC_HEAT=1

DENSITY=500/

&MATL ID ='isolering'

CONDUCTIVITY=0.041

SPECIFIC_HEAT=2.09

DENSITY=229/

&SURF ID='Wall'

MATL_ID='isolering','LBTG'

COLOR='AQUAMARINE'

BACKING='EXPOSED'

THICKNESS=0.02,0.08/

&OBST XB=0.1,9.6,0.0,12.5,0.0,0.20, SURF_ID='Wall'/ GOLVET

&OBST XB=9.5,9.6,0.0,12.5,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ HÖGER VÄGG

&OBST XB=0.3,9.5,0.0,0.2,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ FRÄMRE VÄGG

&OBST XB=0.1,0.3,0.0,12.5,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ VÄNSTER VÄGG

&OBST XB=0.3,9.5,12.3,12.5,0.2,5.6, SURF_ID='Wall'/ BORTRE VÄGG

&OBST XB=0.1,9.6,0.0,12.5,5.6,6.0, SURF_ID='Wall'/ TAKET

trappsteg 1-7, uppifrån och ner på vänster sida

&OBST XB=0.3,3.4,0.2,1.2,2.7,2.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,1.2,1.3,2.8,2.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=0.3,3.4,1.3,2.3,2.3,2.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,2.3,2.4,2.4,1.9, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=0.3,3.4,2.4,3.4,1.9,2.0, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,3.4,3.5,2.0,1.5, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=0.3,3.4,3.5,4.5,1.5,1.6, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,4.5,4.6,1.6,1.1, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=0.3,3.4,4.6,5.6,1.1,1.2, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,5.6,5.7,1.2,0.7, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=0.3,3.4,5.7,6.7,0.7,0.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,6.7,6.8,0.8,0.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=0.3,3.4,6.8,7.8,0.3,0.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=0.3,3.4,7.8,7.9,0.4,0.2, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

trappsteg 1-7, uppifrån och ner på höger sida

&OBST XB=5.5,9.5,0.2,1.2,2.7,2.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=5.5,9.5,1.2,1.3,2.8,2.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=5.5,9.5,1.3,2.3,2.3,2.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=5.5,9.5,2.3,2.4,2.4,1.9, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

&OBST XB=5.5,9.5,2.4,3.4,1.9,2.0, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt

&OBST XB=5.5,9.5,3.4,3.5,2.0,1.5, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

Bilaga J – Indatafiler FDS

&OBST XB=5.5,9.5,3.5,4.5,1.5,1.6, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,4.5,4.6,1.6,1.1, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,4.6,5.6,1.1,1.2, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,5.6,5.7,1.2,0.7, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,5.7,6.7,0.7,0.8, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,6.7,6.8,0.8,0.3, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt
&OBST XB=5.5,9.5,6.8,7.8,0.3,0.4, COLOR='ROYAL BLUE' / horisontellt
&OBST XB=5.5,9.5,7.8,7.9,0.4,0.2, COLOR='ROYAL BLUE' / vertikalt

HÅL I LÄKTAREN ;)

&HOLE XB=5.6,8.9,1.19,1.31,2.5,2.6 /
&HOLE XB=5.6,8.9,2.29,2.41,2.1,2.2 /
&HOLE XB=5.6,8.9,3.39,3.51,1.7,1.8 /
&HOLE XB=5.6,8.9,4.49,4.61,1.3,1.4 /
&HOLE XB=5.6,8.9,5.59,5.71,0.9,1.0 /
&HOLE XB=5.6,8.9,6.69,6.81,0.5,0.6 /

DÖRRARNA

&HOLE XB=0.05,0.31,6.4,7.0,0.2,2.6/ DÖRR1 FIXA
&HOLE XB=0.05,0.31,7.4,7.9,0.2,2.6/ DÖRR2 FIXA
&HOLE XB=0.05,0.31,8.3,8.9,0.2,2.6/ DÖRR3 FIXA
&VENT XB=0.0,0.0,0.0,12.5,0.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/ yttermesh
&VENT XB=0.0,0.1,0.0,12.5,6.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/ tak
&VENT XB=0.0,0.1,0.0,0.0,0.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/ sida
&VENT XB=0.0,0.1,12.5,12.5,0.0,6.0, SURF_ID='OPEN'/

DEVICES FÖR ATT MÄTA TEMPERATUR

TEMPERATUR

&DEVC ID='temp_mittirummet', XYZ=4.9,6.3,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='temp_vänsterläktare', XYZ=1.7,0.7,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='temp_högerläktare', XYZ=7.5,0.7,3.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&DEVC ID='temp_utgång', XYZ=1.0,8.3,2.3, QUANTITY='TEMPERATURE' /

SLICEFILES

&SLCF PBX= 4.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX= 3.2, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY= 2.0, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY= 11.8, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX= 0.4, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY= 6.3, QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBX= 4.4, QUANTITY='VISIBILITY' /
&SLCF PBY= 11.8, QUANTITY='VISIBILITY' /

RÖKDETEKTORER

&DEVC ID='DETEKTORTAKET', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.9,6.3,5.4 /
&PROP ID='Acme Smoke Detector', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.28 /
&TAIL/
