



Institutionen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola



Brandteknisk riskvärdering av Landskrona Teater

Grupp 11

Ronni Bech
Anders Dragsted
Johan Norén
Alexander Wilhelmson

Handledare

André Bengtsson
Bjarne Paulsen Husted

December 2004

Brandingenjörsprogrammet

Lunds Tekniska Högskola

Box 118

221 00 Lund

Telefon: 046-222 73 00

brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety

Engineering

Lund University

Box118

221 00 Lund, Sweden

Telephone: +46 46-222 73 00

brand@brand.lth.se

Rapport/Report 9244**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Landskrona Teater

Title

Fire safety evaluation of Landskrona Theatre

Av/By

Ronni Bech

Anders Dragsted

Johan Norén

Alexander Wilhelmson

Abstract

This report is a fire safety evaluation of Landskrona Theatre, a 100-year old theatre in Sweden. Times to critical conditions have been calculated with ARGOS in three cases and with FDS4 in one case. Evacuation time has been calculated with Simulex. The fire safety for people in the building has been evaluated based upon the results of the calculations and suggestions to improve the fire safety of the theatre have been made.

The theatre was restored in 2001 and the fire safety was then evaluated and improved. This report concludes that further precautions are needed in order to obtain a proper fire safety. Some of these precautions must be approved by Länsstyrelsen in Skåne to make sure they are not violating the prescriptions for cultural listed buildings.

Keywords

Theater, Landskrona, ARGOS, Simulex, FDS, initial fire, smoke, visibility, evacuation, listed building, sprinkler

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

Sammanfattning

En brandteknisk riskvärdering av teatern i Landskrona har utförts där brandskydd och utrymningssäkerhet har studerats. Teatern togs i bruk år 1901 och är en kulturminnesmärkt byggnad. Reglerna för kulturminnesmärkning går ofta stick i stäv med de brandskyddstekniska kraven i Boverkets Byggregler då större förändringar i byggnadens utformning ej är tillåtna. Byggnadens ålder medför dessutom att ritningar har gjorts i efterhand och i många fall saknas detaljer på dessa vilket är särskilt tydligt när det gäller ventilationsritningarna. Renovering och ombyggnad skedde 2001. Teatern består av fyra plan samt källare och vind och byggnaden har plats för 254 besökare i salongen samt ytterligare cirka 100 personer i caféet.

Projektet inleddes med ett besök på teatern tillsammans med handledare från Brandteknik och Räddningstjänsten i Landskrona. Tänkbara brandscenarier har diskuterats och av dessa har tre stycken valts ut för att studeras närmare. Dessa tre scenarier är brand i garderoben, brand på scen samt brand i teknikerplats. Troliga brandeffektkurvor har tagits fram för samtliga scenarier och därefter har simuleringar med programmen ARGOS och Simulex utförts för att studera brandförlopp respektive utrymning.

Scenariet med brand på scen har studerats för det fall då brandridån som skiljer scenen från salongen ej hissas ner vilket leder till att brandgaser sprids till salongen. Branden utvecklar en mycket stor effekt då det finns en stor mängd brännbart material i form av dekor, kulisser och träkonstruktioner i brandrummet. Det föreligger dock ingen större risk för personskador då alla personer hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Brand i teknikerplats leder till att brandgaser sprids i salongen och kritiska förhållande nås relativt snabbt. Utrymning kan dock ske innan fara för personerna som vistas i lokalen uppstår.

Scenariet med brand i garderoben är det mest kritiska ur personsäkerhetssynpunkt då de brandgaser som bildas blockerar flera av utrymningsvägarna. Detta sker både då befintliga sprinkler utlöser och då de inte utlöser. För att förhindra brandgasspridning till salongen skall självstängande dörrar installeras. Även någon form av brandcellsskiljande konstruktion mellan entréplan och parkettplan skall installeras. Alternativt kan garderoben flyttas till en annan plats i byggnaden, exempelvis caféet, där en eventuell brand har mindre inverkan på utrymningssäkerheten.

Ventilationssystemet skall ses över eftersom det finns risk att brandgaser sprids till utrymningsvägarna på galleriplan.

Innehåll

INNEHÅLL	3
1 INLEDNING	5
1.1 BAKGRUND	5
1.2 SYFTE	5
1.3 PROBLEMFORMULERING	5
1.4 METOD	5
1.5 AVGRÄNSNINGAR	5
2 OBJEKTSBESKRIVNING	7
2.1 ALLMÄNT OM BYGGNADEN	7
2.2 VERKSAMHET	7
2.3 BESKRIVNING AV BYGGNADEN	7
2.4 VENTILATIONSSYSTEM	10
2.5 BRANDTEKNISK KLASS	11
2.6 RÄDDNINGSTJÄNST	11
2.7 PERSONALRUTINER	11
2.8 KULTURHISTORISKA BYGGNADER	11
3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD	13
3.1 PASSIVA SYSTEM	13
3.2 AKTIVA SYSTEM	14
4 UTRYMNINGSVÄGAR JÄMFÖRT MED BBR I TEATERN	17
4.1 BEFINTLIGA UTRYMNINGSVÄGAR	17
4.2 GÅNGAVSTÄND	18
4.3 FRAMKOMLIGHET	18
4.4 UTRUSTNING	18
4.5 SLUTSATS AV JÄMFÖRELSE MED BBR	19
5 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	21
6 SIMULERINGSPROGRAM	23
6.1 ARGOS	23
6.2 SIMULEX	23
6.3 FDS	23
7 BRANDSCENARIER	25
7.1 BRANDSCENARIO 1 – GARDEROBEN	26
7.2 FRAMTAGNING AV EFFEKTUTVECKLINGSKURVA DÅ SPRINKLERNAS AKTIVERAS	28
7.3 SIMULERING I FDS AV BRAND I GARDEROBEN	29
7.4 SIMULERING I ARGOS AV BRAND I GARDEROB	29
7.5 BRAND I GARDEROB: KRITISKA FÖRHÅLLANDEN I KORRIDORERNA	29
7.6 BRAND I GARDEROB: KRITISKA FÖRHÅLLANDEN I FOAJÉN	33
7.7 BRANDSCENARIO 2 – SCENEN	38
7.8 BRANDSCENARIO 3 – TEKNIKERPLATSEN	42
8 UTRYMNINGSSIMULERING	47
8.1 BRAND I GARDEROBEN	47
8.2 BRAND PÅ SCEN	49
8.3 BRAND I TEKNIKERPLATS	49
9 JÄMFÖRELSE MELLAN SIMULERINGAR I ARGOS OCH SIMULEX	51
9.1 BRAND I GARDEROB	51
9.2 BRAND PÅ SCEN	51
9.3 BRAND I TEKNIKERPLATS	51

10	DISKUSSION.....	53
11	FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER.....	55
11.1	ÅTGÄRDER SOM SKALL GÖRAS	55
11.2	ÅTGÄRDER SOM BÖR GÖRAS.....	56
12	VERIFIERING AV ÅTGÄRDER	57
12.1	KRITISKA FÖRHÅLLANDE I SALONGEN VID BRAND I GARDEROBEN.....	57
13	SLUTSATS	61
14	REFERENSER.....	63
	BILAGA 1 – RITNINGAR TEATERN	65
	BILAGA 2 – BERÄKNINGAR FÖR BRAND I GARDEROBEN.....	73
	BILAGA 3 – OPTISK RÖKPOTENTIAL I ARGOS.....	79
	BILAGA 4 – BERÄKNINGAR FÖR BRAND I TEKNIKERPLATS	81
	BILAGA 5 – FDS-SIMULERING	83
	BILAGA 6 – KÄNSLIGHETSANALYS AV SIMULERING.....	93
	BILAGA 7 – KÄNSLIGHETSANALYS SIMULEX	103
	BILAGA 8 – SIMULERINGAR I SIMULEX	105
	BILAGA 9 – HANDBERÄKNINGAR.....	107
	BILAGA 10 – SYREKONTROLLERAD ELLER BRÄNSLEKONTROLLERAD BRAND	113
	BILAGA 11 – TID TILL SPRINKLERAKTIVERING	115
	BILAGA 12 – INDATA TILL SIMULERING I ARGOS	117
	BILAGA 13 – INDATAFIL SIMULERING I FDS.....	121
	BILAGA 14 – INSTRUKTION FÖR SÄKERHETSVAKTER.....	129

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Detta projektarbete utgör huvuddelen av kursen Brandteknisk Riskvärdering på Brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Varje projektgrupp tilldelas ett objekt samt två handledare varav den ena arbetar inom räddningstjänsten och den andra är verksam på Brandteknik. Med hjälp av kunskaper från tidigare kurser görs en brandteknisk riskvärdering där brandskydd och utrymningssäkerhet studeras. Slutligen ges förslag på eventuella förbättringar.

Objektet som har studerats i denna rapport är Teatern i Landskrona.

1.2 Syfte

Syftet med projektarbetet är att utifrån ett brandtekniskt perspektiv bedöma personsäkerheten och möjligheterna för utrymning av Teatern i Landskrona samt ge förslag på förbättringar. Rapporten görs i studiesyfte genom problembaserad inläring och redovisas både skriftligt och muntligt.

1.3 Problemformulering

De frågor som är tänkta att besvaras med detta arbete är:

Kan utrymning ske innan kritiska förhållanden enligt BBR uppstår i byggnaden?

Är ytterligare åtgärder än de befintliga nödvändiga för att förbättra brandsäkerheten för teatern? Kan dessa åtgärder vidtagas utan att bryta mot föreskrifterna för kulturmärkta byggnader?

1.4 Metod

Arbetet inleddes med att studera ritningarna över objektet och därefter gjordes ett besök på teatern. Byggnadens befintliga utrymningsvägar jämfördes med kraven i BBR. Då inte alla krav uppfylldes gjordes en analytisk undersökning. Olika brandscenarier diskuterades och de som ansågs mest relevanta med avseende på utrymningssäkerhet valdes ut för att studeras närmare.

Effektkurvor för scenarierna togs fram varefter simuleringar i ARGOS samt handberäkningar utfördes för att se när kritiska förhållanden uppstår. Till varje scenario gjordes även en känslighetsanalys för att få en uppfattning om hur tillförlitliga resultaten var. Med hjälp av datorprogrammet Simulex studerades tiden för utrymning för de valda scenarierna. Slutligen gavs förslag på förbättringar av brandsäkerheten i byggnaden.

1.5 Avgränsningar

Tyngdpunkten i rapporten ligger på personsäkerhet vilket har lett till att valet av brandscenarier har koncentrerats till de utrymnen i byggnaden där människor vistas. Det har inte gjorts några beräkningar på toxicitet, då det inte funnits tillräcklig information. Vidare är det framför allt brandens initialskede och tiden fram till utrymning är avslutad som har behandlats och i mindre utsträckning faktorer som påverkar byggnadens hållfasthet, brandspridning till intilliggande byggnader och övrigt som rör det fortsatta brandförloppet.

2 Objektsbeskrivning

2.1 Allmänt om byggnaden

Landskrona Teater byggdes i slutet av 1800-talet och invigdes 1901. Byggnaden består av entréplan, parkettplan, logeplan och galleriplan samt källare och vind. I byggnaden finns även ett teatercafé som kan användas separat.

Det finns 254 platser i teaterns salong och i cafédelen finns plats för drygt 100 personer. Teatern ägs av Landskrona kommun och förvaltas av Landskronas kulturförvaltning. På teatern finns två anställda; en scenmästare som har hand om det tekniska med byggnaden och en värdinna som ansvarar för cafédelen.

Teatern renoverades och byggdes om under 2001. Vid ombyggnaden gjordes en ny brandskyddsdokumentation samt en kartläggning av byggnadens ventilationssystem. Tyvärr kunde inte en fullständig kartläggning göras. Under brandskyddsdokumentationen uppstod problem då byggnaden är av kulturhistoriskt värde och skall skyddas enligt förordningen om statliga minnesbyggnader [10].

2.2 Verksamhet

Föreställningar ges av besökande ensembler, då Landskrona inte har något eget teatersällskap. En stor användare av teatern är Landskronas skolor. Vid renoveringen vidgades teaterns användningsområde och idag fungerar den även som konferenslokal.

2.3 Beskrivning av byggnaden

Byggnaden består av fyra plan. Dessutom finns källare och vind som till stora delar är tomma, sånär som på en del tekniska utrymmen och förrådsutrymmen som innehåller scendekorernas linverk samt ett utrymme för salongens ljuskrona.

Byggnadens bärande konstruktion består av tegel och bjälklag av trä. Yttertak är av obrännbar taktäckning.

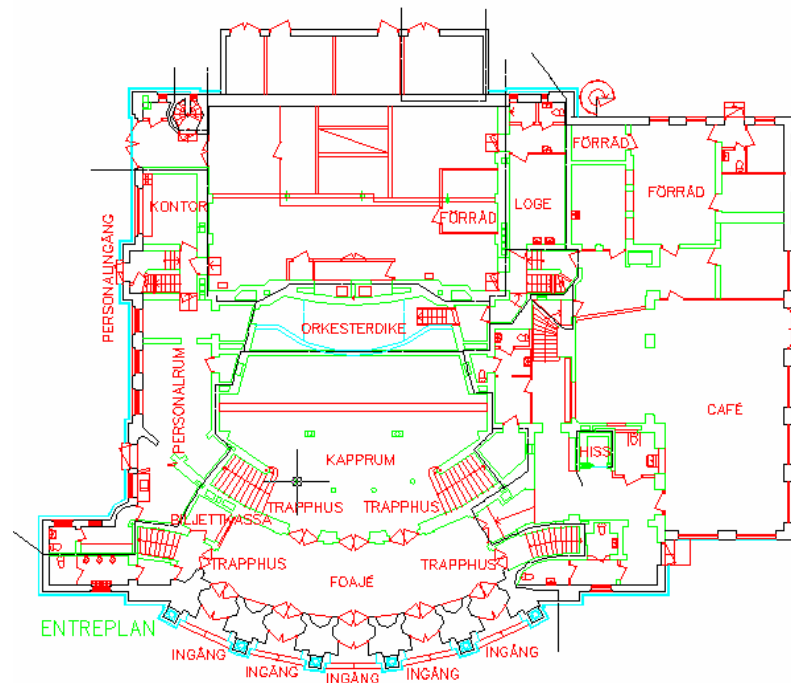
2.3.1 Entréplan

Entréplanet ligger i marknivå. På teaterns västra sida finns publikingångarna som vetter mot Järnväggsgatan. Ingångarna leder till biljettkassan och kapprummet. Se figur 1 för planritning av entréplan.

I foajén och kapprummet finns fyra trapphus. Dessa ligger på motsatt sida av varandra och två av trapporna leder upp till nästa plan, parkettplan, medan de andra två leder vidare till galleriplan.

På teaterns norra sida, vid Östergatan, finns en personalingång där centralapparaten för brandlarmet sitter. Ingången används även som varuintag och leder in under scenen. Under scenen finns förråd för teaterns tekniska utrustning, orkesterdike och loge. Längre in i lokalen finns det ett utrymme som tidigare använts som kök, men som i nuläget endast fungerar som avlastningsrum och förråd. Från personalingången kan man även komma in till en lägenhet som för tillfället fungerar som personalrum för teaterns scenmästare. Via publikingångarna på väster sida av byggnaden kommer man in till teaterns café. Då det inte längre finns något fungerande storkök i byggnaden används caféet endast till servering.

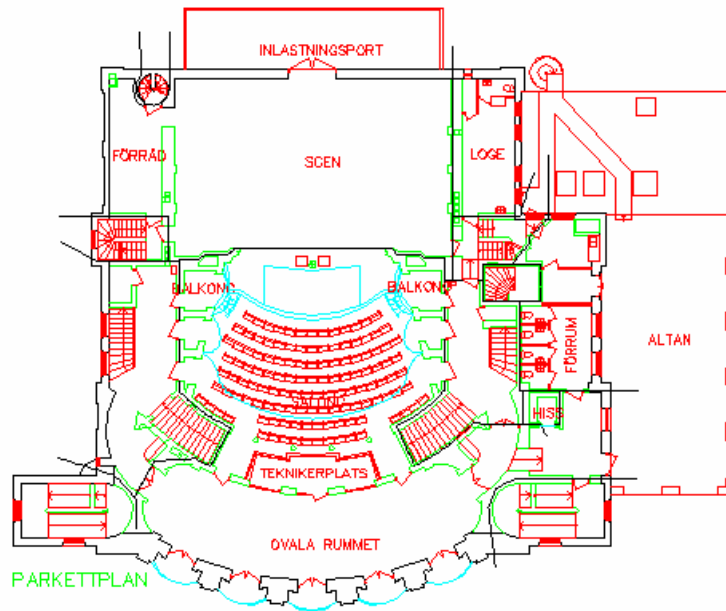
Längs vägen från ingångarna till caféet finns en handikapptoalett och en hiss som leder upp till parkettplan. Hissen installerades 2001.



Figur 1 Entréplan

2.3.2 Parkettplan

Andra våningen består av parkettplan vilket innefattar scenen, den nedre delen av salongen och det ovala rummet. Det sistnämnda fungerar som ett samlingsrum innan dörrarna till salongen öppnas. Framme vid scenen finns två balkonger som inte längre är i bruk, men som används för ljussättning. Längst bak i salongen finns en teknikerplats för styrning av ljud, ljus och annan teknisk utrustning på scen och på motsatt sida bakom scenen en inlastningsport. På parkettplanets södra sida finns toaletter med förrum och loge för skådespelarna. Det är främst denna loge som används under föreställningar. På logens motsatta sida finns ett scenförråd som är i direkt anslutning till scenen. Se figur 2 för planritning över parkettplan.



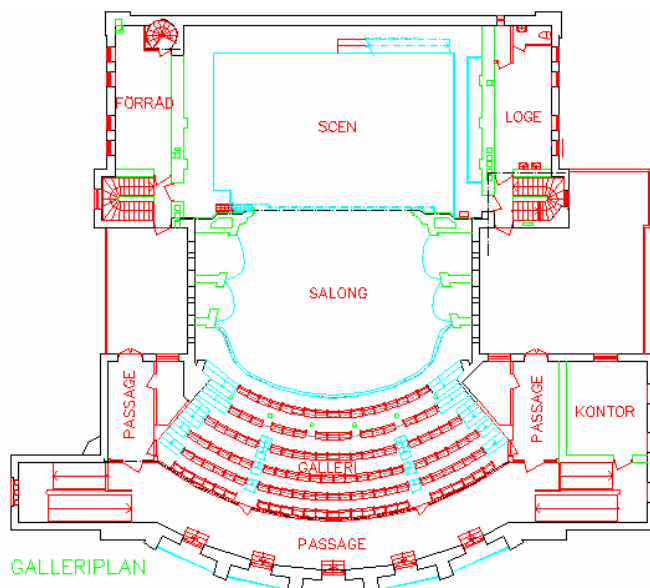
Figur 2 Parkettplan

2.3.3 Logeplan

Teaterns tredje våning består av logeplan. Detta våningsplan är ett halvplan bestående av loger och toaletter. Det finns även 4 balkonger. Dessa är stängda för besökare och har endast ett dekorativt syfte i salongen.

2.3.4 Galleriplan

På galleriplan som är teaterns fjärde våning finns den övre delen av salongen med totalt 127 sittplatser. Utanför denna finns en passage löpandes från norr till söder som sammanbinder de båda trapphusen som stäcker sig från entréplan till galleriplan. I planets nordöstra del finns kostymförråd och syrum för tillverkning av dekorena. Se figur 3 för planritning över galleriplan.



Figur 3 Galleriplan

2.4 Ventilationssystem

Byggnadens ursprungliga ventilationssystem utgörs av en mängd kanaler och schakt av vilka endast ett fåtal finns markerade på ritningarna. Ventilationssystemet förnyades 2001 och vissa av de ursprungliga schakten utnyttjas för den nya kanaldragningen. Byggnaden har två separata ventilationssystem. Det första förser i huvudsak caféet med till- och frånluft samt tre toaletter och hissmaskinrum på entréplan med frånluft och fyra toaletter på parkettplan med frånluft. Uteluften tas in vid spiraltrappan på entréplan på teaterns baksida.

På ventilationsritningarna finns ingen avluftshuv för cafédelen markerat men om kanalerna följes observeras att luften släpps ut vid utrymningsvägen på altanen, se bild 1. Själva fläktrummet är beläget i entréplan där både tillufts- och frånluftsfläkten är placerade.

I caféets tak kommer tilluften in genom två långa tilluftsdon i textil och frånluften tas ut vid väggen, vilket skapar en deplacerande ventilation.

Det andra ventilationssystemet tillgodoser själva salongen. Uteluft tas från källaren och blåses in i gradängerna under stolarna i galleriplan samt på väggarna genom de ursprungliga schakten i parkettplan. Avluften blåses ut vid avsatserna som utgör taket till logeplan av två fläktar på varje sida om salongen på galleriplan.

Resten av byggnaden ventileras med självdrag samt med hjälp av de ursprungliga ventilationsdonen som fått sitta kvar.



Bild 1 Avluftshuv vid utrymningsvägar på altanen

2.4.1 Brand- eller brandgasspridning via ventilationssystem

Risken för brand- eller brandgasspridning via ventilationssystemet är liten då det inte finns ett gemensamt system för hela byggnaden utan systemen är uppdelade på salongen, cafédelen och toaletterna samt resten av byggnaden som ventileras via självdrag.

Anmärkningsvärt är att avluften från ventilationssystemet i salongen blåses ut på de båda takavsatser som är tänkta att fungera som utrymningsvägar från galleriplan. Vid brand finns därmed risk att rökgaser blockerar dessa utrymningsvägar.

2.5 Brandteknisk klass

Byggnaden är uppförd i brandteknisk klass Br1 enligt BBR kap 5 [4].

2.6 Räddningstjänst

Räddningstjänsten förväntas klara av en insats inom 10 minuter och ett ingripande från räddningstjänsten skall normalt inte behövas för att utrymning ska kunna ske tillfredställande.

2.7 Personalrutiner

Instruktioner för säkerhetsvakter togs fram 1997 och dessa beskriver vad som ska göras före och under en förställning samt vilka åtgärder som ska vidtagas vid brand. Rutiner för övrig personal och gästande ensembler saknas.

2.8 Kulturhistoriska byggnader

Byggnader och anläggningar som har kulturhistoriskt värde kan byggnadsminnesförklaras av Länsstyrelsen. Detta skydd har tillkommit för att ge varaktigt skydd åt bebyggelse av nationell betydelse. Varje byggnadsminne har speciellt anpassade skyddsföreskrifter som är framtagna i överenskommelse med ägaren och antikvariska myndigheter. Förändringsarbete av byggnadsminnen kräver tillstånd från länsstyrelsen. Enbart traditionella material och byggnadstekniker, speciellt anpassade till den enskilda byggnaden får användas.

Kulturmärkningen är inte överordnad personskyddet utan om det visar sig att personskyddet inte är tillfredsställande får man antingen välja att göra ingripande i byggnadens utformning eller avstå från att låta människor vistas där.

3 Befintligt brandskydd

Detta kapitel beskriver det befintliga brandskyddet i byggnaden och jämför med Boverkets Byggregler [4] vad som gäller vid schablonmässig dimensionering. Då byggnaden är uppförd i början av 1900-talet och blivit kulturminnesmärkt är det svårt att göra förändringar för att uppnå dagens krav på brandskydd. Eftersom förordning om statliga minnesbyggnader [10] står i konflikt med Boverkets Byggregler har man kompromissat för att kunna få så bra lösning som möjligt på brandskyddet.

3.1 Passiva system

Det passiva systemet i byggnaden är till största del från början av 1900-talet. Att klassificera äldre byggnadsdelar utifrån dagens regelverk ger problem, då det inte finns tillfredsställande dokumentering över konstruktionsarbetet.

3.1.1 Brandcellsindelning

Landskrona teater är indelad i ett flertal brandceller. Nedan följer en genomgång av varje våning. Källare och vindsplan har ej tagits med då dessa ej berörs av våra brandscenarier.

Entréplanet är indelad i 13 brandceller där utrymningsvägar och kapprum utgör viktiga brandceller.

Parkettplanet är indelat i 14 brandceller, med scen, trapphus, hisschakt, utrymningsvägar och salong som egna brandceller.

Logeplanet är indelat i 10 brandceller och som tidigare plan är trapphus och utrymningsvägar egna brandceller.

Galleriplan utgörs av 7 brandceller där galleridelen av salongen är den största. Precis som tidigare plan är utrymningsvägar och trapphus separata brandceller.

För en tydligare och mer ingående brandcellsindelning av de olika planen hänvisas till bilaga 1.

3.1.2 Brandcellsavskiljande byggnadsdelar

Alla brandcellsskiljande byggnadsdelar är utförda i lägst brandteknisk klass EI-60, vilket är kravet för en Br1 byggnad som är osprinklad och med en brandbelastning som ej överstiger 200 MJ/m^2 enligt BBR [4].

Dörrarna mellan brandcellerna är i allmänhet av brandteknisk klass EI-C 30. De gamla salongsdörrarna är ej utbytta och är oklassade, men de är förstärkta med svällist och har målats med brandskyddsfärg. Det finns ingen utredning som visar om detta ger samma skydd som en brandteknisk dörr av klass EI-C-30, men enligt brandskyddsdokumentationen är detta acceptabelt ur kulturvärde [5].

Merparten av de brandcellsavskiljande dörrarna är stängda, men vid besöket var dörr mellan rum 132 och 165 uppställd med en sopkvast.

Det finns en brandridå mellan scenen och salongen, utförd i brandteknisk klass EI-60. Denna ridå ska hissas ner vid aktiverat brandlarm.

Enligt BBR skall dörrar och ridåer ha samma brandtekniska klass som väggen de är monterade i, men dörrar mellan jämförbara brandceller får alla utföras i klass EI-30.

3.2 Aktiva system

3.2.1 Automatiskt brandlarm

Det finns ett automatiskt brandlarm i byggnaden som är vidarekopplat till räddningstjänsten. Brandlarmets detektion består av rökdetektorer och är i stort sett heltäckande i byggnaden. Vilken typ av rökdetektor det rör sig om är inte fastställt, men det har antagits att det är en joniserande detektor med relativt lång responstid. Detta antagande ger en konservativ bedömning av tiden till detektion. Det finns även larmknappar för manuell larmning. Dessa är placerade vid scenen.

Centralapparaten finns i trapphuset vid personalingången som vetter mot Östergatan.

3.2.2 Utrymningslarm

Utrymningslarmet är integrerat i brandlarmet som är kompletterat med larmdon. Dessa är av akustisk typ och larmar genom en ringande signal. Larmdon finns placerade i foajén, caféet, ovala rummet, salongen och i passagen bakom galleriet. Det finns inget talat meddelande vid utrymning.

3.2.3 Brandgasventilation

Det finns två brandgasluckor ovanför scenen. Dessa är placerade i västlig och östlig riktning i vindsplanet på var sin sida av byggnaden och består av vertikala träluckor formade som halvcirklar med en diameter på 1,3 meter.



Bild 2 Brandgasventilation

Brandgasluckorna öppnas manuellt från scenen med s.k. wirestyrning. För att få tillräckligt luftflöde in i lokalen finns det en port i bakre delen av scenen som kan användas för tilluft.

Öppningsarean motsvarar knappt 1 % av golvarean då ventilationsluckornas area är 1,33 m² och golvarean är 140 m². Det bör beaktas att vid kraftig vind från väst eller öst kan vindtrycket bli så stort att luckorna inte fungerar fullt ut. Resultat från simulering med brandgasluckor finns i kapitel 7.

3.2.4 Sprinkler

I kapprummet finns fem stycken sprinklerhuvuden. Dessa är monterade vertikalt, i linje, riktade in mot ställningarna med jackor och placerade 2,15 meter från golvet. Sprinklerna ska fungera som en vattenridå och skydda passerande personer vid utrymning. Installation skedde 2001 i samband med ombyggnaden av teatern.



Bild 3 Sprinkler i kapprum

Från sprinklerbulbens tillverkare har information om RTI-värde och aktiveringstemperatur plockats fram. Beräkningar av tid till aktivering finns i bilaga 11.

3.2.5 Släckredskap för manuell släckning

Handbrandsläckare och inomhusbrandposter är väl synliga och tydligt markerade. Avstånd till närmsta släckutrustning överstiger inte 25 meter i de delar av byggnaden där allmänheten vistas. 25 meter är ett riktvärde enligt BBR [4].

Det är främst handbrandsläckare med pulver och koldioxid i byggnaden. Se bilaga 1 för placering av släckredskap i byggnaden.

4 Utrymningsvägar jämfört med BBR i teatern

Enligt Boverkets Byggregler [4] ska *"Byggnader utformas så att tillfredställande utrymning kan ske vid brand"*. Det finns bestämda krav för vad som gäller för att uppfylla detta krav. Det som berörs är tillgång till utrymningsvägar, gångavstånd till respektive inom utrymningsvägarna, framkomligheten i utrymningsvägarna samt utrustning för utrymning. Teaterns nuvarande utrymningsdimensionering är gjord enligt förenklad metod och strävar efter att uppfylla kraven i BBR. En genomgång följer nedan.

4.1 Befintliga utrymningsvägar

Enligt BBR 5:311 *skall det finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar och minst en utrymningsväg från varje plan.*

I Landskrona teater är detta uppfyllt för hela byggnaden.

Utrymning från källarplan kan ske genom fyra fristående trappor, varav en leder direkt till det fria medan de andra tre leder till entréplan och därifrån vidare till det fria.

I entréplan kan utrymning ske genom 10 oberoende dörrar som leder direkt till det fria.

Utrymning från parkettplan kan ske via två trapphus som leder ner till entréplanet samt genom altan och därifrån vidare till markplan genom en spiraltrappa på norra sidan av byggnaden, se bild 4.

Det finns tre trapphus som fungerar som utrymningsväg i anslutning till scenen.

Från logeplan och galleriplan kan utrymning ske genom tre trapphus ner till entréplan.

Från galleriplan kan utrymning även ske genom två trapphus i byggnadens södra del ner till foajén i entréplan.



Bild 4 Spiraltrappa från altan

Från loger på galleriplan och logeplan kan utrymning ske dels genom stegen längs fasaden samt genom angränsande trapphus. Från vindsplan kan en eventuell utrymning ske genom spiraltrappa i byggnadens norra del, samt genom stegen ner till galleriplan, se bilaga 1.

4.2 Gångavstånd

Gångavståndet till utrymningsväg är reglerat enligt BBR 5:331. Detta kapitel säger att *gångavståndet inom en brandcell till närmaste utrymningsväg skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.*

Utifrån förenklad dimensionering anges det i Brandskyddshandboken [6] ett maximalt gångavstånd till närmsta utrymningsväg på 30 meter för teatrar. Detta är uppfyllt för samtliga plan utom källarplanet, där avståndet är 39 meter. Men då persontätheten är liten och de personer som kan tänkas vistas i källaren har god lokalkännedom kan avståndet ökas till 45 meter enligt kap 6.6 i Brandskyddshandboken. Beräkningarna är gjorda enligt de förutsättningar som finns i Brandskyddshandboken.

Genom simulering av utrymning med datorprogrammet Simulex har tiden för utrymning bestämts. För mer ingående beskrivning av simuleringen hänvisas till kapitel 8.

Gångavståndet inom utrymningsvägen regleras även detta av BBR. Enligt BBR 5:332 *skall gångavståndet till närmaste trappa som leder till våningsplan eller utgång som leder till gata eller motsvarande inte vara längre än att utrymning kan ske snabbt.*

Detta är uppfyllt för byggnaden.

4.3 Framkomlighet

Enligt BBR 5:341 *skall utrymningsvägar utformas med sådan rymlighet och framkomlighet att de kan betjäna det antal personer de är avsedda för.*

Detta krav har specificerats i Brandskyddshandboken och är att i brandceller med fler än 150 personer skall bredden i utrymningsvägarna vara minst 1,20 meter.

De krav som gäller för dörrar i utrymningsvägar är enligt BBR 5:342 *att de skall vara utåtgående i utrymningsriktningen och lätt identifierbara som utgångar samt även vara lätt öppningsbara.*

I bygganden har de stora trapphusen i södra delen av teatern 1,2 respektive 2 meter fri bredd. Kraven är inte uppfyllda för de mindre trapphusen eller för spiraltrappan från altanen till markplan, där bredden endast är 0,9 meter fri bredd.

Dörrarna som finns i utrymningsvägarna öppnas i de flesta fall i utrymningsriktningen och är lätt öppningsbara. Det är dörren in till caféavdelningen i entréplanet och dörrarna in i trapphusen på galleriplan som öppnas mot utrymningsriktningen. Dörrarna är lätta att identifiera och merparten har en fri bredd på 1,20 meter. Dörrarna från scenen till närliggande trapphus, samt dörrarna till de mindre trapphusen har endast en bredd på 0,9 meter.

4.4 Utrustning

Enligt BBR 5:35 finns det bestämmelser angående vägledande markering, allmänbelysning, nödbelysning och larmsystemet. Det sistnämnda presenteras under kapitel 3 Aktiva system.

4.4.1 Vägledande markering

Enligt BBR 5:351 *skall vägledande markering för utrymning finnas i samlingslokaler och finnas i sådan omfattning och vara så placerade att utrymning inte hindras av svårigheter att orientera sig i byggnaden. Skyltar skall placeras i anslutning till utgångsdörrar till och ut i utrymningsvägar samt utgöras av belysta eller genomlysta gröna skivor med tydliga, vita symboler.*

Dessa krav är uppfyllda i byggnaden. Det finns vägledande markeringar, bestående av genomlysta skyltar ovanför dörrar som leder ut till utrymningsvägar, samt även över de fönster på logeplan och galleriplan som fungerar som utrymningsvägar.

4.4.2 Allmänbelysning

Enligt BBR 5:352 *skall utrymningsvägar ha allmänbelysning som med tillfredställande säkerhet kan fungera vid utrymning av byggnaden.*

Detta krav är uppfyllt i byggnaden.

4.4.3 Nödbelysning

Enligt BBR5:353 *skall nödbelysning möjliggöra utrymning på ett säkert och effektivt sätt. Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägarna i samlingslokal och skall vid strömavbrott ge avsedd belysning under minst 60 min.*

I byggnaden finns det nödbelysning i salongen, alla trapphus, kapprummet och caféet och uppfyller de krav som är ställda.

Det finns även skyltar som anger maximalt antal personer i byggnaden. En för cafédelen och en för teaterdelen.

4.5 Slutsats av jämförelse med BBR

I stort sett uppfylls kraven som ställs i BBR. Det finns dock vissa brister vilket gör att en analysisk undersökning med hjälp av simuleringar i datorprogrammet Simulex utförts.

5 Kritiska förhållanden

I avsnitt 5:3 i Boverkets Byggregler, BBR [4], ställs kravet att en byggnad *skall utformas så att tillfredsställande utrymning kan ske vid brand*. För att uppfylla detta krav kan utrymning dimensioneras enligt två olika metoder:

- Förenklad dimensionering innebär att man följer de rekommendationer som Boverket föreslår. Dessa presenteras i BBR i form av olika funktionskrav på exempelvis minsta gångavstånd i utrymningsvägar och minsta dörrbredd. Ett grundkrav vid förenklad dimensionering är att det i lokaler där personer vistas mer än tillfälligt skall finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar. Detta betyder att om en av utrymningsvägarna är blockerad av brand ska den andra kunna användas.
- Analytisk dimensionering används om man vill göra en alternativ utformning av brandskyddet, det vill säga göra avsteg från ett eller flera av de krav som ställs i BBR. I detta fall krävs verifiering. Vid analytisk dimensionering kan man genom beräkningar, för hand eller med hjälp av datorprogram, verifiera att säkerheten är acceptabel.

Kritiska förhållanden beskriver den brandmiljö som får råda då utrymning skall vara avslutad. Dessa förhållanden innebär att utrymning inte längre kan ske under acceptabla förhållanden, men behöver inte innebära personskador eller risk för dödsfall. Den tid det tar att uppnå dessa kritiska förhållanden för den valda dimensionerande branden ska sedan jämföras med den tid det tar att utrymma byggnaden. Enligt Brandskyddshandboken [6] bör kritiska gränsvärden för brandgaslagrets höjd, temperatur, värmestrålning, sikt och toxicitet beaktas. De riktvärden som är satta enligt Brandskyddshandboken är

Brandgaslagrets höjd	Ej understiga en höjd av $1,6 + 0,1 \cdot H_{\text{takhöjd}}$ meter. Denna gräns gäller för att personer ska kunna orientera sig under utrymningen utan att bli störda av brandgasskiktet.
Temperatur	De utrymmande personerna får maximalt utsättas för en temperatur på 80°C.
Värmestrålning	En maximal strålningsintensitet på $2,5 \text{ kW/m}^2$, eller en sammanlagd strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 som motsvarar bakgrundsstrålningen.
Sikt	Siktbarheten får ej understiga 5 meter i brandrummet och 10 meter i utrymningsvägarna.
Toxicitet	Ej utsättas för skadliga doser av giftiga gaser eller för låg syrehalt. Det är främst CO, CO ₂ och O ₂ som beaktas vid en normal brand. De högsta tillåtna koncentrationer är CO < 2000 ppm, CO ₂ < 5 % och O ₂ > 15 %.

Den tid det tar att uppnå ett av dessa kriterier kallas den kritiska tiden, $t_{kritisk}$. Genom att jämföra denna tid med tiden det tar att utrymma byggnaden, $t_{utrymning}$, fås en uppfattning om utrymningssäkerheten. Vid tillfredsställande utrymning måste

$$t_{utrymning} < t_{kritisk}$$

Tiden det tar att utrymma byggnaden kan delas upp i tre delar: varseblivningstid, reaktions- och beslutstid och förflyttningstid. Dessa kan användas för att göra en modell som beskriver utrymningstiden:

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

5.1.1 Varseblivningstid

Den tid det tar för personerna i en byggnad att upptäcka att något onormalt inträffat kallas varseblivningstid, $t_{varseblivning}$. Många olika faktorer påverkar storleken på denna, exempelvis vilka personer som vistas i byggnaden, om personerna ser branden eller inte samt om byggnaden har ett utrymningslarm.

5.1.2 Reaktions- och beslutstid

Den tid som passerar från att personerna blivit medvetna om branden till de vidtar någon åtgärd kallas reaktions- och beslutstid, $t_{reaktion\&beslut}$. Åtgärderna kan vara att försöka få reda på vad som hänt, försöka släcka branden eller larma räddningstjänsten. En snabbare reaktions- och beslutstid uppnås om byggnaden har talade utrymningsmeddelande som underlättar beslutsfattandet samt väl synliga utrymningsskyltar och utgångar.

5.1.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden, $t_{förflyttning}$, är den tid det tar för personerna att ta sig ut ur byggnaden. Denna är beroende av antalet dörrar och dess bredd, gångavståndet, antalet personer och hur de är fördelade i byggnaden samt personernas gånghastighet.

6 Simuleringsprogram

Ett flertal program har använts för att simulera brandförlopp och utrymning.

6.1 ARGOS

ARGOS är ett simuleringsprogram utvecklat av Danish Institute of Fire and Security Technology. Programmet bygger på en tvåzonsmodell där rummen delas upp i två volymer, en varm övre och en kall undre del. Ekvationer för massa och energi beräknas för de olika volymerna för varje tidssteg.

ARGOS tar hänsyn till rummets geometri och i de fall en tvåzonsmodell ej är tillämpbar sker simuleringen som en välblandad volym.

Vissa förenklingar och antaganden är gjorda i ARGOS och ger begränsningar i programmet. Följande antagen är gjorda:

- Gaserna behandlas som ideala gaser.
- Transporttider har försummats. Brandplymen är fullt utvecklad momentant.
- Trycket antas konstant i rummet.
- Höjden på brandgaslagret antas vara densamma i hela rummet.

Trots dessa begränsningar tar programmet hänsyn till värmetransport till anslutande ytor och förluster till omgivningen.

I ARGOS kan simulering av fem rum ske och programmet ger möjlighet att studera angränsande rum till brandrummet under simuleringen.

För att få en verklighetstrogen brandutveckling kan empiriska värden importeras från en databas och minska felmarginalerna. Det finns även möjlighet att själv konstruera brandeffektkurvor [23].

6.2 Simulex

Simulex är ett datorprogram som beräknar förflyttningstiden vid utrymning av en byggnad. Byggnadens geometri kan importeras från CAD-ritningar. Trappor mellan olika våningar kan infogas som länkar för att sammanbinda de olika planen.

Programmet tar ingen hänsyn till var branden befinner sig, utan vid simulering får vissa utgångar plockas bort för att simulera att dessa är blockerade av branden. Personerna i simuleringen väljer alltid den närmsta utrymningsvägen oavsett köbildning, och måste därför ibland styras till en annan utrymningsväg som kan vara ett mer realistiskt val.

6.3 FDS

Fire Dynamics Simulator är en CFD-modell som har utvecklats av National Institute of Standards and Technology i USA. Denna utvecklas fortlöpande och vid simuleringen användes FDS version 4.

En CFD-modell delar upp rumsvolymen i tusentals små tredimensionella celler och löser kontinuitetsekvationer för massa, energi och rörelsemängd som funktion av tiden för alla celler.

FDS använder sig av Large Eddy Simulation och är därför mycket känslig för cellernas storlek. Cellerna måste vara relativt små – i storleksordningen 10x10x10 cm – för att ge bra resultat. Detta ger upphov till ett mycket stort antal celler och beräkningarna ställer därför stora krav på tillgången till datorkraft.

FDS är endast en ekvationslösare, så filer med indata måste skrivas in i en texteditor (t.ex. WordPad) och resultaten antingen visas grafiskt med en post-processor, t.ex. Smokeview, eller läsas av i de utskrivna Excel-filerna.

För en mer detaljerad beskrivning av FDS hänvisas till FDS Users Guide och Technical Reference Guide [21, 22].

7 Brandscenarier

En mängd tänkbara brandscenarier har diskuterats och sammanfattas i tabell 1. Utifrån dessa har de tre scenarier som anses vara mest kritiska för människors utrymning valts ut och studerats närmare.

Följande scenarier har diskuterats:

Plan	Rum	Brännbart material	Antändningskälla
Vindsplan	Vind	Träkonstruktioner	Blixt, elektriskt fel
Galleriplan	Galleriet	Stolar	Överhettad lampa
	Fläktrum	Kablar	Elektriskt fel
	Förråd	Dekor och rekvisita	Elektriskt fel
	Kontor	Papper, dator	Elektriskt fel, cigarett
Logeplan	Förråd	Dekor och rekvisita	Elektriskt fel
Parkettplan	Teknikerplats	Ledningar, ljud/ljusanläggning	Elektriskt fel
	Stolsrader	Stolar	Överhettad lampa
	Scen	Kulisser, ridå	Överhettad lampa, elektriskt fel, pyrotekniska sceneffekter
	Förråd	Dekor och rekvisita	Elektriskt fel
	Hiss	Kablar	Elektriskt fel
Entréplan	Kapprum	Jackor	Cigarett/pipa, mobiltelefon
	Hissmaskinrum	Kablar	Elektriskt fel
	Elcentral	Kablar	Elektriskt fel
	Förråd	Stolar mm	Anlagd brand, elektriskt fel
	Café	Bord, stolar	Kök (kokplatta etc.), stearinljus
	Fläktrum	Kablar	Elektriskt fel
	Kontor	Papper, dator	Elektriskt fel, cigarett
Källarplan	Hissmaskinrum	Kablar	Elektriskt fel
	Förråd	Gammal dekor	Elektriskt fel

Tabell 1: Brandscenarier

De värsta tänkbara scenarier som anses relevanta ur personsäkerhetssynpunkt är brand i garderoben, brand på scen och brand i teknikerplats. Scenariet med brand i garderoben har valts eftersom det finns risk för brandgasspridning till trapphusen som fungerar som utrymningsvägar. Brand på scen och brand i teknikerplats studeras eftersom dessa bränder uppstår där det vistas många människor. Dessa tre scenarier presenteras mer ingående nedan.

7.1 Brandscenario 1 – Garderoben

7.1.1 Allmänt

Kapprummet är placerat i entréplan i förbindelse med foajén och har kapacitet att förvara ytterkläder för ca 400 personer. I scenariot antas att det finns 350 jackor i garderoben då salongen endast har 254 platser och cafédelen är avsedd för maximalt 100 personer. Själva förvarningen består av 8 klädställ i metall som är avgränsade från resten av rummet av en bänk i trä, se bild 5. I taket är 5 sprinklerhuvuden placerade.



Bild 5 Garderob

Tänkbar tändkälla är en glömd cigarett, pipa eller en mobiltelefon med batterifel. Tändkällan antas vara placerad i en jackficka.

Branden startar som en glödbrand i ett klädesplagg men utvecklas efterhand till flambrand. Det är troligt att garderoben inte är övervakad under föreställningar vilket ger branden goda möjligheter att utvecklas innan detektion. Brandbelastningen blir hög, men begränsas av sprinklerna i de fall dessa utlöser.

På grund av kapprummets placering i byggnaden är rökutvecklingen från branden mycket kritisk för publikens utrymning av teatern. Dessutom är kläderna upphängda på klädställ vilket ger branden goda möjligheter för snabb spridning.

Då det finns risk att sprinklerna ej aktiveras har scenariot delats upp i två delar, ett där sprinklerna aktiveras och ett där de inte aktiveras. Tid till kritiska förhållanden har framför allt studerats i foajén samt i korridorerna på parkettplan då dessa rum används som utrymningsvägar.

7.1.2 Framtagning av effektutvecklingskurva då sprinklerna ej aktiveras

En rad beräkningar har gjorts för att kunna åstadkomma en trolig brandeffektkurva för branden i garderoben. Detta inleddes med att beräkna jackornas förbränningsvärme, $\Delta H_{c,eff}$, samt den massa som förbränns, $m_{förbränning}$, genom att använda värden från ett försök som gjorts av NIST [8]. Beräkningarna redovisas i bilaga 2, resultatet blev:

$$\Delta H_{c,eff} = 27 \text{ kJ/g}$$
$$m_{förbränning} = 16 \%$$

På varje ställ hänger 64 jackor som i medeltal väger 1kg vardera. Den totala vikten av jackorna blir 64 kg per ställ. I scenariot antas att jackorna endast hänger på fem av de åtta ställ som finns i garderoben.

Total energimängd per ställ blir 276,5 MJ och brandens tillväxthastighet motsvarar en *ultra-fast* α - t^2 -brand med α -värdet $0,19 \text{ kW/s}^2$ [8].

Med dessa beräkningar går det att ta fram en effektutvecklingskurva för stället där branden startar. Nästa steg är att beräkna hur lång tid det tar innan strålningen från branden är så stor att ställen på båda sidor om det första (här kallade ställ 2 och 3) antänder.

Utifrån handberäkningsmodeller beräknas den tid det tar för branden att sprida sig från ett ställ till ett annat genom strålning och konvektion. De beräkningsmetoder som använts bygger på en analytisk lösning av värmeledningsekvationen [19], se bilaga två för beräkningar. Tiden till antändning blir 35 sekunder.

Antändning av ställ 4 och 5 ske 35 sekunder efter ställ 2 och 3 antändes, det vill säga 70 sekunder efter brandens start i ställ 1. Att det tar lika lång tid för branden att sprida sig från ställ 2 och 3 till ställ 4 och 5 är att underskatta brandförloppet. Vid beräkningar har det bidrag som brand i ställ 1 ger till strålningsintensiteten vid ställ 4 och 5 försumrats. Denna underskattning ger en längre tid till antändning än det verkliga fallet. Detta kan bortses ifrån då värmeabsorption till tak och väggar har försumrats. Brandförloppet inom ställ 2-5 antas vara identiskt med branden i ställ 1.

Genom att extrapolera erhålls den maximala effekten och i diagram 1 presenteras brandeffektkurvan för brand i garderob då sprinkler ej aktiveras.

Beräkningar för att kontrollera om branden blir syrekontrollerad finns i bilaga 10. Resultatet blev att branden är bränslekontrollerad.

Brand i garderoben då sprinkler ej aktiveras: Effektutveckling som funktion av tiden

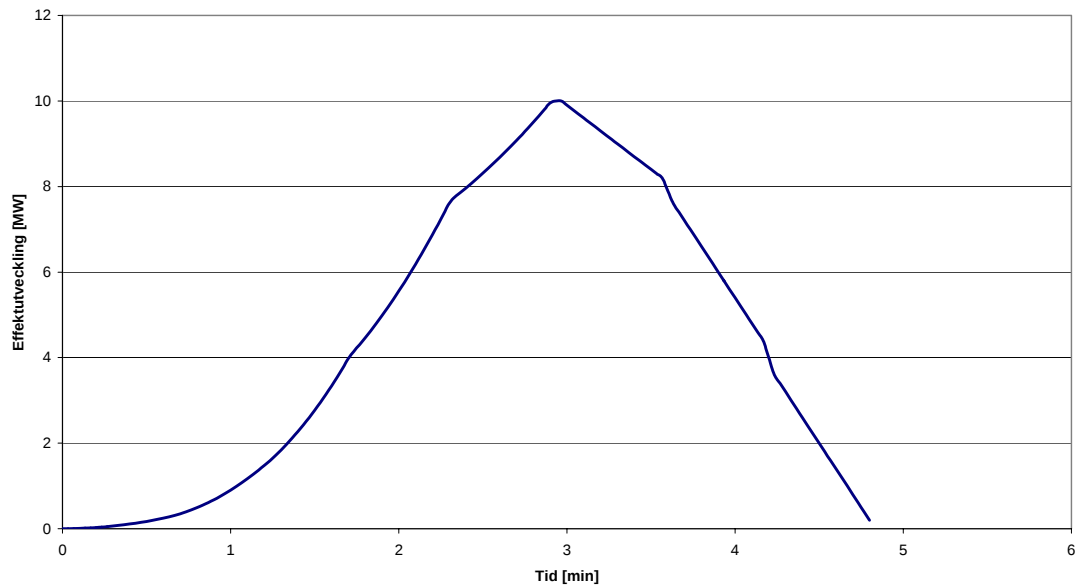


Diagram 1: Effektutveckling i garderoben utan aktivering av sprinkler.

7.2 Framtagning av effektutvecklingskurva då sprinklerna aktiveras

I fallet då sprinklerna aktiveras är tillväxtfasen identisk med fallet då sprinklerna ej aktiveras. Skillnaden är att när sprinklerna aktiveras begränsas branden och effektutvecklingen antar ett relativt konstant värde, se diagram 2.

Tiden till sprinkleraktivering har beräknats i bilaga 11. Avsvalningsfasen är ej väsentlig i detta scenario då den inte är relevant ur personsäkerhetssynpunkt.

Brand i garderob då sprinkler aktiveras: Effektutveckling som funktion av tiden

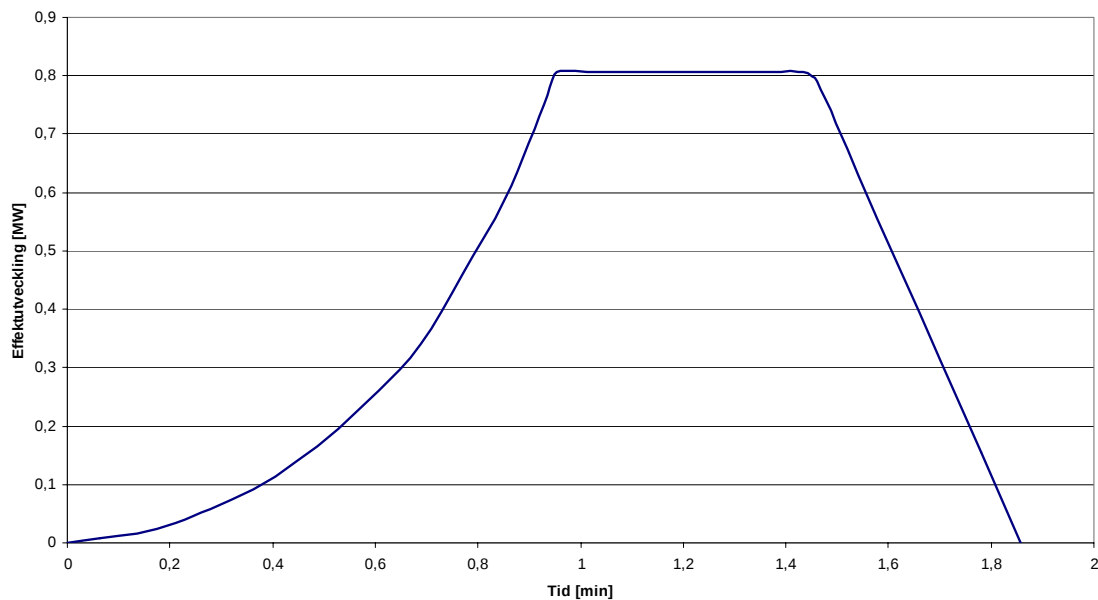


Diagram 2: Effektutveckling i kapprummet vid aktivering av sprinkler.

7.3 Simulering i FDS av brand i garderoben

Syftet med simuleringen i FDS av brand i garderoben var att jämföra resultatet med beräkningar i ARGOS. Kapprummet och foajén är kritiska för utrymning då brandgaser som bildas blockerar utrymningsvägarna från parkett- och galleriplan. Resultaten är ej verifierade, och bör tas med viss försiktighet. Resultatet från simuleringarna i FDS finns i bilaga 5.

Resultaten ligger mycket långt från handberäkningar och ARGOS-simuleringar och då det inte funnits tillräckligt med tid att verifiera de erhållna resultaten eller göra en känslighetsanalys kan resultaten inte jämföras.

Om resultaten är riktiga uppstår kritiska förhållanden vid trapporna redan efter 5-7 sekunder och vid dörrarna efter 10-12 sekunder. Det finns inte någon avsevärd skillnad mellan olika gridstorlekar. Sprinklerna aktiveras efter 10-15 sekunder vilket är mycket snabbt.

Den grafiska framställningen verkar inte realistisk om man bortser från värdenas storlek och endast tittar på hur gaserna fördelas. På vissa figurer kan en kall ficka observeras i hörnet vid sidan av balken där sprinklerna sitter (se t.ex. figur 10 i bilaga 5). Detta kan resultera i en senare aktivering av sprinklerna och viktiga sekunder kan gå förlorade.

7.4 Simulering i ARGOS av brand i garderob

Totalt har fyra olika simuleringar av brand i garderoben gjorts i ARGOS. I två av fallen har tid till kritiska förhållanden i korridorerna på parkettplan studerats, ett fall då sprinkler aktiveras och ett fall då sprinkler ej aktiveras. I de andra två fallen har tid till kritiska förhållanden i foajén studerats, även här med och utan sprinkleraktivering. Se bilaga 12 för indata.

Resultaten i de fall då sprinklerna aktiveras är inte tillförlitliga eftersom sprinklerna blandar om brandgaserna så att tvåzonsmodellen inte längre gäller. I de fall kritiska förhållanden uppstår redan innan sprinklerna aktiveras, blir sprinklernas påverkan på förhållandena inte tillämpbar.

7.5 Brand i garderob: Kritiska förhållanden i korridorerna

Simuleringen i ARGOS av brand i garderoben avser både det fall då sprinklerna aktiveras och då de ej aktiveras. Syftet med simuleringarna var att studera tid till kritiska förhållanden i de två korridorerna på vardera sida om salongen på parkettplan eftersom det är troligt att utrymningsvägarna där blockeras vid en brand i garderoben.

7.5.1 Antaganden och bakgrund

Scenariot med brand i garderoben anses vara det mest kritiska eftersom kapprummet står i förbindelse med många av utrymningsvägarna. Därför har vikten vid denna simulering lagts på att undersöka hur branden utvecklas och sprids från kapprummet. Framför allt har förhållandena i de två korridorerna på parkettplan studerats.

7.5.2 Rummen

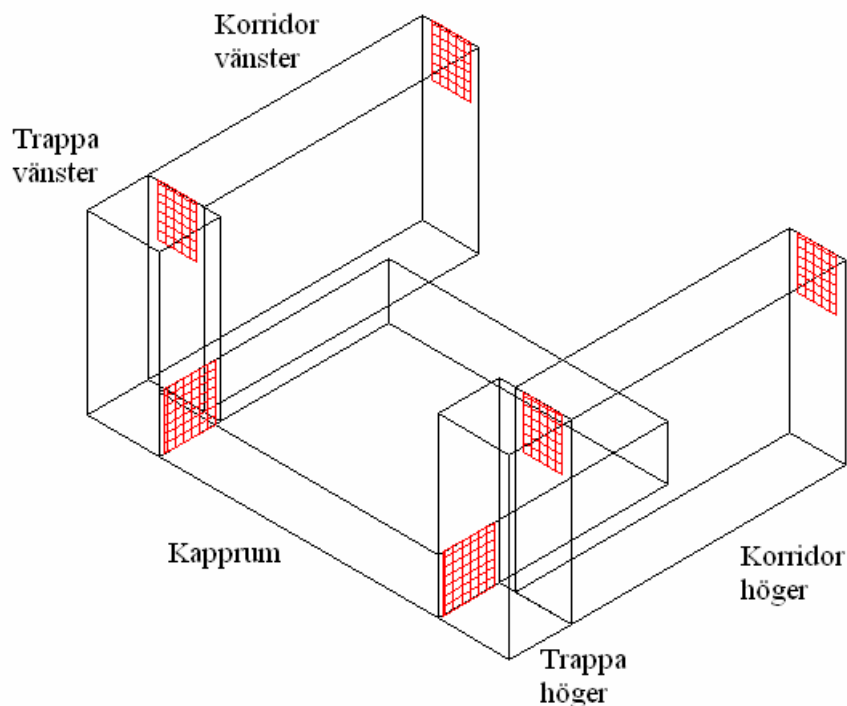
Vid simuleringen användes fem rum. Dessa var: kapprum, trappa vänster, trappa höger, korridor vänster och korridor höger.

Vissa förenklingar har gjorts av geometrin i kapprummet vid simulering i ARGOS. Rummets verkliga form har approximerats med ett fyrkantigt rum med parallella väggar men med samma area. Det är inte möjligt definiera var i rummet branden startar, inte heller går det att precisera sprinklernas exakta placering. Dock kan avstånden mellan branden och sprinklerna definieras genom att ändra avstånden mellan sprinklerna.

Trapphusen förbinder kapprummet på entréplan med parkettplan. Då trappor inte kan tas med i ARGOS har trapphusen modellerats som rum med samma golvnivå som kapprummet och med en höjd motsvarande trapphusets höjd.

Då det i ARGOS endast går att simulera rum med samma golvnivå är korridorernas geometrier förenklade. Rumshöjden som har använts motsvarar höjden från golvnivå i kapprummet till taket i korridorerna, se figur 4a.

Det lutande taket i kapprummet har inte tagits med i simuleringen. Istället har rumshöjden i kapprummet beräknats som ett medelvärde av den verkliga takhöjden i rummet, vilket inte har någon större inverkan på resultatet då nivåskillnaden är liten.



Figur 4a: Modell av simulering i ARGOS av brand i garderoben. Rutnätet i figuren symboliserar öppningar mellan rummen och de linjerade rektanglarna symboliserar dörrar.

7.5.3 Branden

Den dimensionerande branden i garderoben är inlagd i ARGOS som en "data point fire". Det betyder att värdena från den tidigare beräknade effektutvecklingen (se kapitel 7.1.2) är inmatade direkt i databasen i ARGOS. Dessutom har ett värde för den optiska rökpotentialen på 200 dB/m angetts. Detta värde har beräknats i bilaga 3.

7.5.4 Resultat i korridorerna då sprinkler ej aktiveras

Resultatet från simuleringen i ARGOS av brand i garderoben redovisas i tabell 2 nedan. Värdena avser den tid det tar att nå kritiska förhållanden i de olika rummen som tagits med i simuleringen. Då det inte vistas några människor i kapprummet eller i trapporna är inte dessa rum intressanta ur personsäkerhetssynpunkt. De rum som studeras är korridorerna på vardera sida om salongen på parkettplan, här kallade korridor höger och korridor vänster.

	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Resultat från simulering i ARGOS vid brand i garderoben då sprinkler ej aktiveras	Kapprum	46	85	48	Inträffar ej
	Trappa höger	101	173	75	54
	Trappa vänster	86	136	101	54
	Korridor höger	165	Inträffar ej	132	84
	Korridor vänster	107	Inträffar ej	99	80

Tabell 2: Resultat från simulering då sprinkler ej aktiveras

Kritiska förhållanden uppstår först i den vänstra korridoren då sikten här dämpas till 10 meter redan efter 80 sekunder. Siktförhållandet som funktion av tiden i korridorerna redovisas i diagram 3. Trapporna och kapprummet redovisas ej i diagrammen då det inte vistas några människor i dessa rum och de därmed ej är intressanta ur utrymningssynpunkt. Diagram 4 visar brandgaslagrets höjd i de olika rummen över tiden.

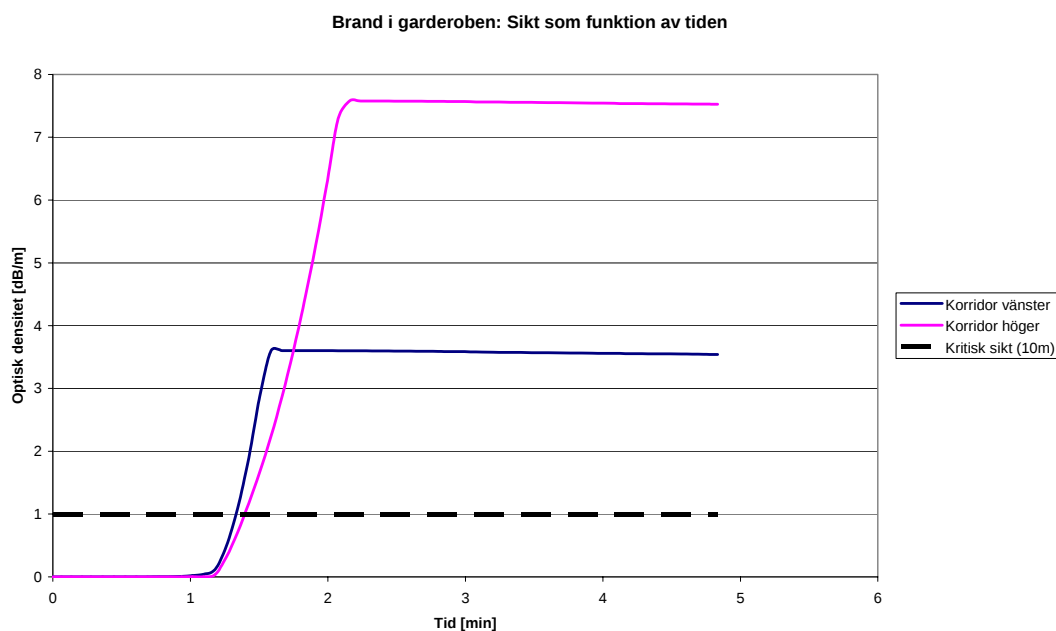


Diagram 3: Siktens nedgång som funktion av tiden

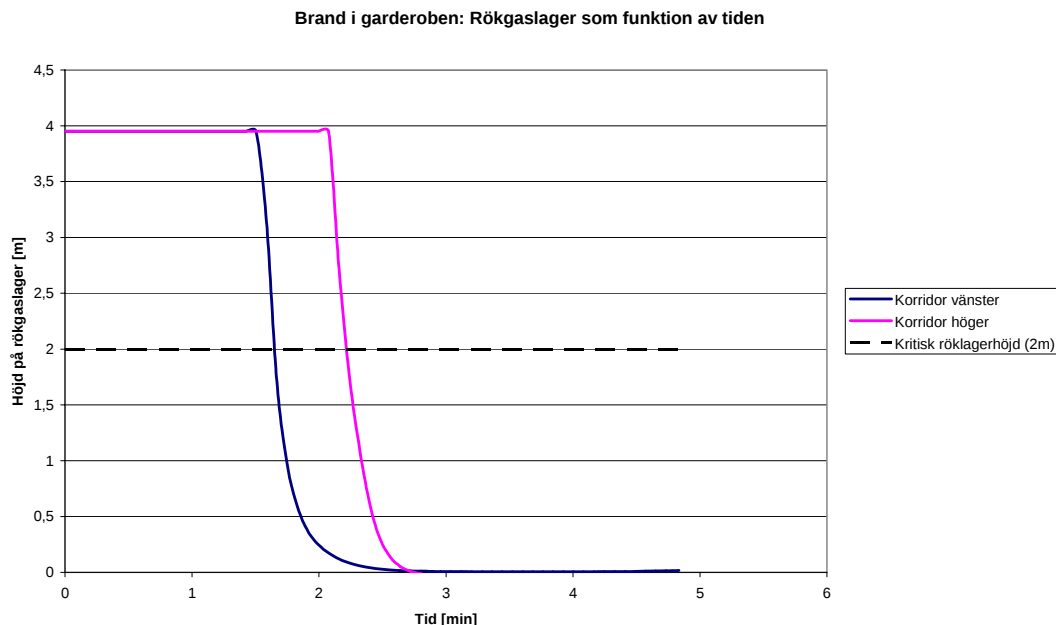


Diagram 4: Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden

Anmärkningsvärt är att sikten ej når sitt kritiska värde i kapprummet. Detta kan bero på att sikten i ARGOS beräknas på hur mycket rök som finns i det kalla skiktet och eftersom ett rökgaslager bildas mycket snabbt så hinner sikten i det kalla skiktet inte bli kritisk innan rökgaslagret når golvet.

Tiderna som beräknats med hjälp av handberäkningsmetoder är i samma storleksordning, se bilaga 9.

7.5.5 Resultat i korridorerna då sprinkler aktiveras

Simuleringar i ARGOS har gjorts för att studera tid till kritiska förhållanden i korridorerna på parkettplan i det fall då sprinklerna aktiveras. Resultatet från simuleringarna redovisas i tabell 3 nedan.

Tid till kritiska förhållanden (s)					
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Resultat från simulering i ARGOS vid brand i garderoben då sprinkler aktiveras	Kapprum	Inträffar ej	57	48	86
	Trappa Höger	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	53
	Trappa vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	53
	Korridor höger	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej

Tabell 3: Resultat från simulering då sprinkler aktiveras

7.6 Brand i garderob: Kritiska förhållanden i foajén

I denna simulering har vikten lagts på att undersöka förhållandena i foajén vid brand i garderoben då detta rum används vid utrymning av galleriplan.

7.6.1 Antaganden och bakgrund

Kapprummet står i förbindelse med många av utrymningsvägarna. Därför har vikten vid denna simulering lagts på att undersöka hur branden utvecklas och sprids från garderoben till foajén. Endast en av korridorerna på parkettplan har tagits med då ARGOS inte lämpar sig för simuleringar med fler än fem rum.

7.6.2 Rummen

Till denna simulering användes fem rum. Dessa är kapprum, foajé, trappa vänster, trappa höger och korridor vänster.

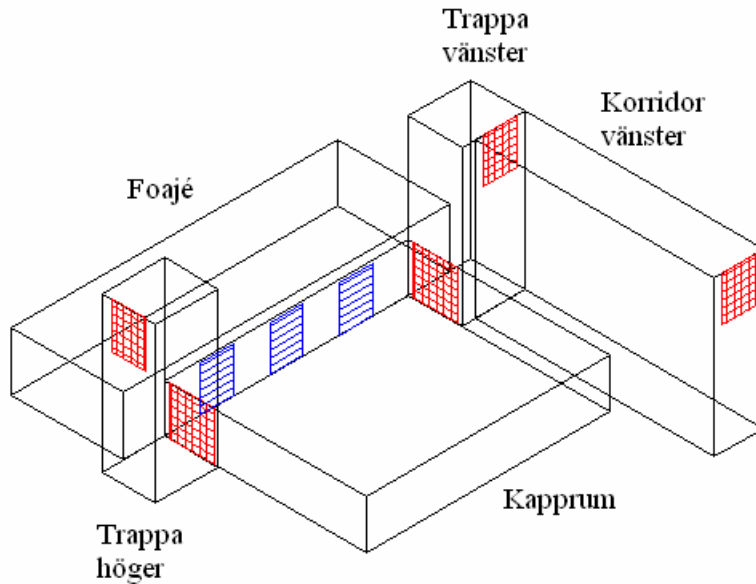
Geometrin i foajén är förenklad på samma sätt som i kapprummet. Dessutom är alla öppningar och förbindelser med andra rum och omgivningen försummad för att begränsa simuleringen. Areorna för de fem vindfångarna vid entrédörrarna har tagits med i den totala arean för foajén.

Trapphusen förbinder kapprummet på entréplan med parkettplan. Då trappor inte kan tas med i ARGOS har trapphusen modellerats som rum med samma golvnivå som kapprummet och med en höjd motsvarande trapphusets höjd.

Den vänstra korridoren är det enda rum på parkettplan som tagits med. Då det i ARGOS endast går att simulera rum med samma golvnivå är detta rum förenklat. Rumshöjden som har använts motsvarar höjden från golvnivå i kapprummet till taket i den vänstra korridoren, se figur 4b. Detta har dock ingen inverkan på brandgasspridningen och brandgaslagrets höjd då rummet är förbundet med trapphuset via en öppning som är placerad nära taket.

Det lutande taket i kapprummet har inte tagits med i simuleringen. Istället har rumshöjden i kapprummet beräknats som ett medelvärde av den verkliga takhöjden i rummet, vilket inte har någon större inverkan på resultatet då nivåskillnaden är liten.

Antalet dörrar mellan kapprummet och foajén är tre stycken och dessa har en otäthet på 50 %.



Figur 4b: Modell av simulering i ARGOS av brand i garderoben. Rutnätet i figuren symboliserar öppningar mellan rummen och de linjade rektanglarna symboliserar dörrar.

7.6.3 Branden

Den dimensionerande branden i garderoben är inlagd i ARGOS som en "data point fire" på samma sätt som ovan.

7.6.4 Resultat i foajén då sprinkler ej aktiveras

Resultaten från simuleringen av brand i garderoben då sprinkler ej aktiveras sammanfattas i tabell 4 nedan.

	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Resultat från simulering i ARGOS vid brand i garderoben då sprinkler ej aktiveras	Kapprum	78	84	48	105
	Foajé	120	Inträffar ej	99	Inträffar ej
	Trappa vänster	108	Inträffar ej	78	51
	Trappa höger	99	138	78	51
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	84

Tabell 4: Resultat från simulering då sprinkler ej aktiveras

Ur tabell 4 framgår att kritiska förhållanden i kapprummet uppstår redan efter 48 sekunder då brandgaslagret når en kritisk höjd. Dessutom blir sikten i trapporna kritisk nästan samtidigt. Värdena för trapporna är dock något osäkra då geometrin som använts vid simuleringen är en förenkling av verkligheten.

Nedan visas diagram över sikten samt brandgaslagrets höjd som funktion av tiden. Sikten i foajén ligger nära det kritiska värdet, men eftersom det bildas ett brandgaslager efter 80 sekunder nås inte värdet på 1 dB/m. Det kritiska värdet för brandgaslagrets höjd uppnås efter 99 sekunder.

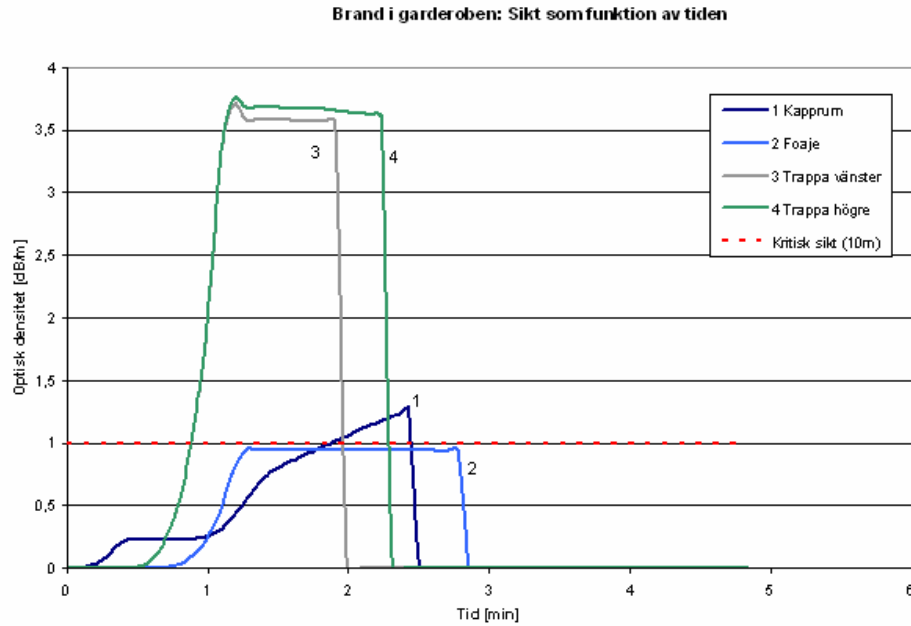


Diagram 5: Siktnedsättning som funktion av tiden

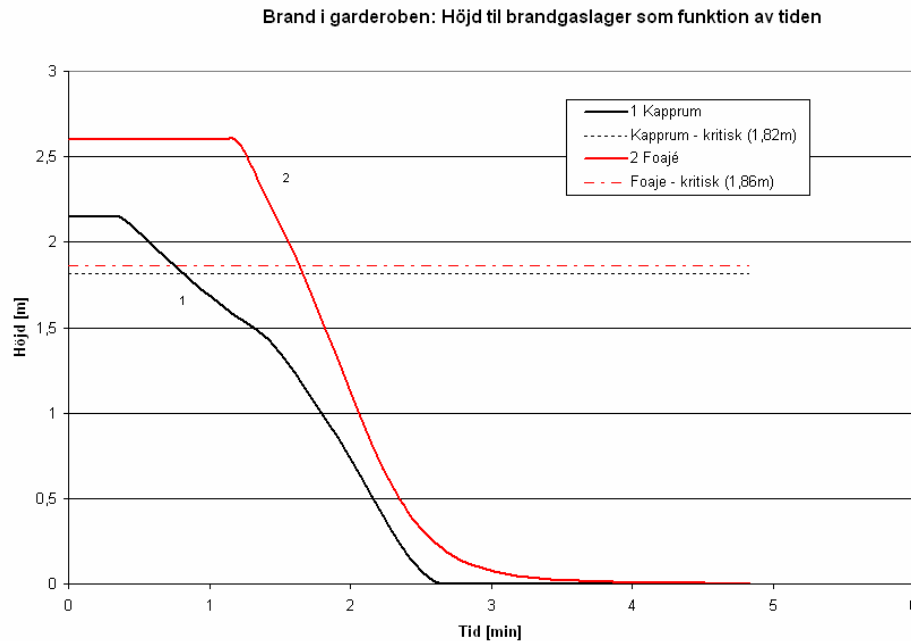


Diagram 6: Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden

7.6.5 Resultat i foajén då sprinkler aktiveras

I detta fall uppstår kritiska förhållanden i kapprummet, foajén samt trapphusen trots att sprinkler aktiveras. Resultat redovisas i tabell 5 samt diagram 7 och 8.

	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Resultat från simulering i ARGOS vid brand i garderoben då sprinkler aktiveras	Kapprum	Inträffar ej	Inträffar ej	48	84
	Foajé	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	78
	Trappa Vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	54
	Trappa Höger	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	54
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej

Tabell 5: Resultat från simulering då sprinkler aktiveras

Brand i garderob då sprinkler aktiveras: Sikt som funktion av tiden

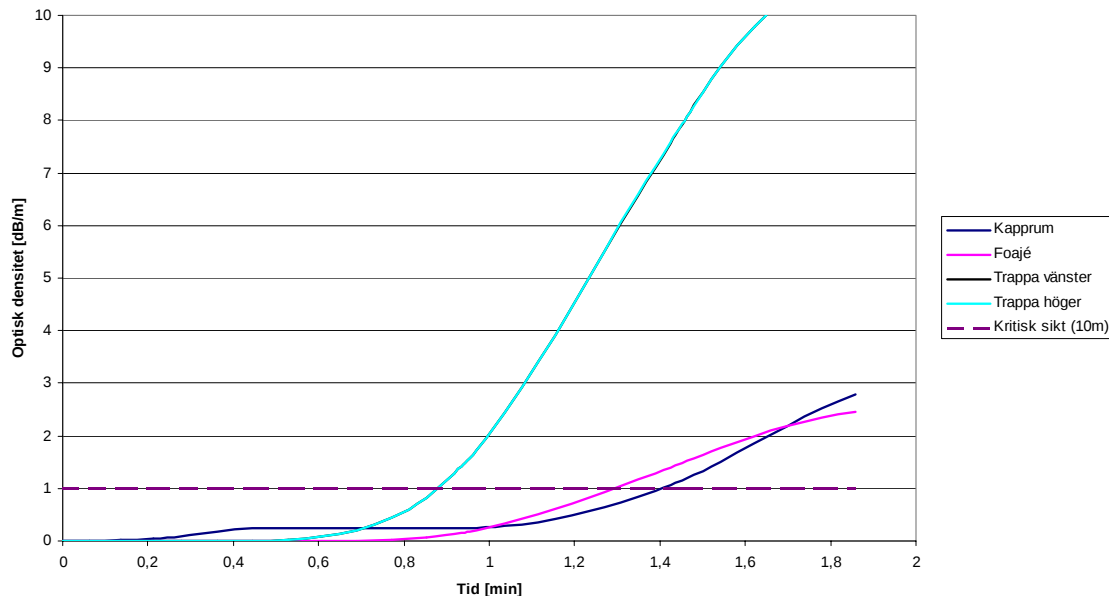


Diagram 7: Optisk densitet som funktion av tiden

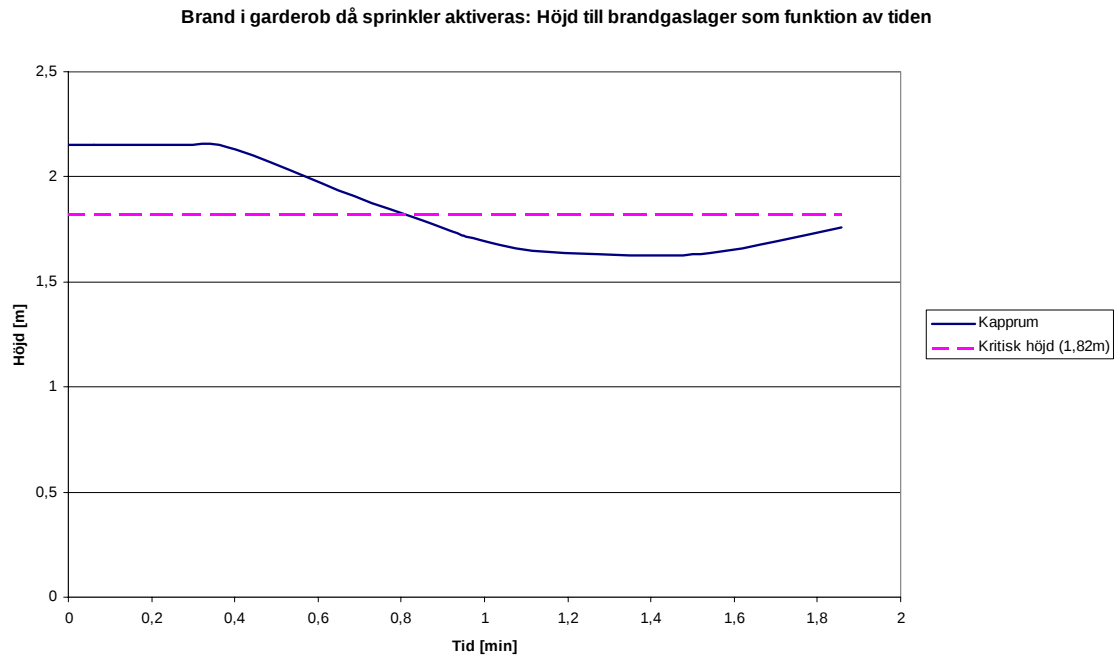


Diagram 8: Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden

7.7 Brandscenario 2 – Scenen

7.7.1 Allmänt

Scenen är placerad i byggnadens östra del i förbindelse med sittplatserna på parkettplan. Den är byggd av träkonstruktioner och innehåller en del teknisk utrustning, kulisser och andra inventarier. På grund av möjligheten till upphissning av kulisser och dekorer har själva scenrummet stor takhöjd.

Scenen kan i händelse av brand avgränsas från salongen med hjälp av en brandridå. Publikens säkerhet mot brand- och brandgasspridning är beroende av att brandridån fungerar korrekt. I vårt scenario antar vi att brandridån inte går ner. Då ridån går ner kan det fortfarande bli en stor brand, men det föreligger ingen direkt risk för personerna i lokalen och på grund av detta har vi inte studerat detta scenario närmare.

En överhettad scenlampa antas antända scendekoren eller en kuliss vilket leder till en flambrand. Kulisser, dekor, rekvisita och teknisk utrustning gör att branden kan sprida sig snabbt. Det är troligt att upphängda kulisser ger en mycket snabb flamspridning, då branden sprider sig horisontellt och breder ut sig i hela scenrummet.

Den stora takhöjden på scen är kritisk då det finns risk för kraftig brandspridning. Branden kan snabbt spridas till den överliggande takkonstruktionen som riskerar att falla samman.

7.7.2 Framtagning av effektutvecklingskurva

Brandbelastningen på scen är svår att uppskatta då olika teatersällskap använder sig av olika mängd rekvisita och dekor. En förenklad uppskattning av brandbelastningen per kvadratmeter har gjorts och denna har därefter multiplicerats med den golvarea som kan tänkas rymma rekvisita och dekor. Denna yta antas vara 40 m², vilket motsvarar ca 30 % av den totala golvarean på scen. Detta antagande grundar sig på att inte hela scenen används vid uppsättningar och 40 m² motsvarar ett större vardagsrum vilket är relativt vanligt förekommande i teaterföreställningar.

Brandbelastningen per kvadratmeter valdes till 350 MJ/m². Detta är ett viktat värde som bygger på brandbelastning per golvyta för kontor och för bostäder [6].

Total brandbelastning blir $350 \text{ MJ/m}^2 \cdot 40 \text{ m}^2 = 14\,000 \text{ MJ}$

Den maximala effektutvecklingen vid brand på scen uppskattades till 10 MW. Detta värde grundar sig på en maximal effektutveckling per golvarea för kontorslokaler som är 250 kW/m². Värdet kommer från BSI [15]. Brandeffekten blir $0,250 \text{ MW/m}^2 \cdot 40 \text{ m}^2 = 10 \text{ MW}$. Då vårt scenario bygger på att brandridån framför scenen inte går ner kommer branden att ha tillgång till syre under hela brandförloppet, det vill säga den kommer att var bränslekontrollerad.

Tillväxthastigheten valdes följa en α -t²-brand med α -värdet motsvarande en *fast*-brand, det vill säga $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ eftersom flera av föremålen på scen brinner med denna hastighet.

Den tid det tar för branden att nå den maximala effektutvecklingen blir:

$$Q = \alpha \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{Q}{\alpha}} = \sqrt{\frac{10000}{0,047}} = 461 \text{ s, det vill säga cirka 7,7 minuter}$$

Då det finns stora mängder brännbart material i form av träbalkar i takkonstruktionen samt att syretillgången är god så kommer branden troligtvis inte slockna av sig själv utan fortsätta brinna tills den släcks av brandkåren. Därför har vi i effektutvecklingskurvan inte tagit med någon avsvalningsfas eftersom denna inte sker förrän efter avsevärd tid och härmed inte är relevant ur utrymningssynpunkt.

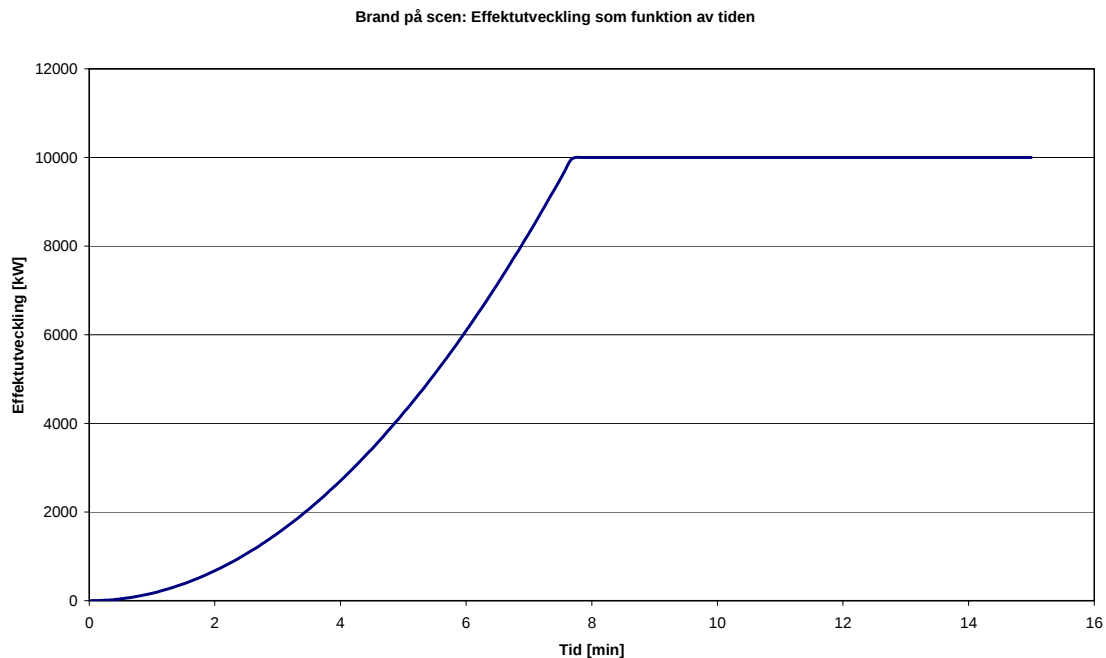


Diagram 9: Effektutveckling på scen

7.7.3 Simulering i ARGOS av brand på scen

Simuleringen i ARGOS av brand på scen avser det fall då brandridån ej hissas ner. De rum som tagits med i simuleringen är scenen, parkettplan och galleriplan. Indata finns redovisade i bilaga 5.

7.7.4 Antaganden och bakgrund

Vid brand på scen finns risk att brandgaser sprider sig ut till salongen där samtliga personer befinner sig under en normal föreställning. Därför är detta fall intressant ur personsäkerhetssynpunkt.

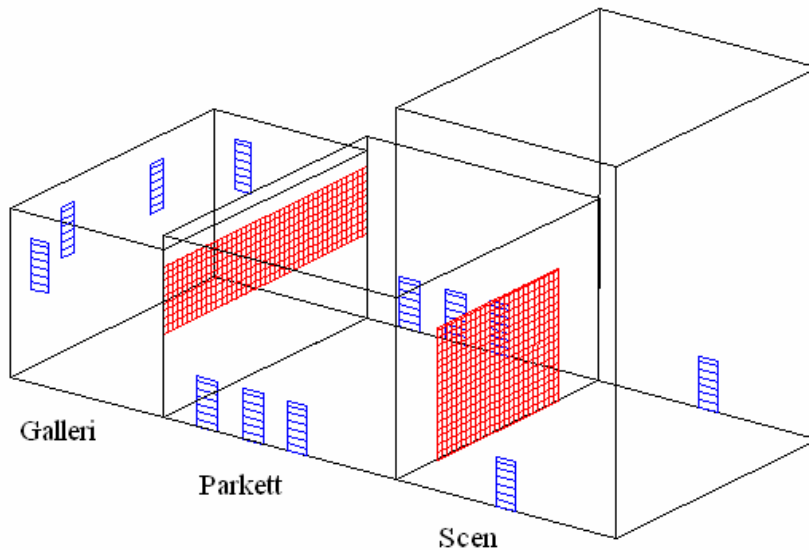
7.7.5 Rummen

Scenrummet avgränsas av öppningen mot salongen där brandridån sitter.

Parkett är definierat som hela salongens area på parkettplan och har vid simuleringarna antagits ha samma golvnivå som scenen.

Galleriet har i verkligheten en golvnivå som ligger högre än resten av salongen men eftersom olika golvnivåer inte kan matas in i ARGOS så är istället galleriet ett högt rum med en öppning mot bakre parkett strax under taket.

Vid inmatningen i ARGOS tas inte det lutande golvet på parkettplan eller det lutande taket i galleriet med. Den varierande rumshöjden är därmed förenklad med en medelhöjd över hela rummet.



Figur 5: Modell av simulering i ARGOS av brand på scen. Rutnätet i figuren symboliserar öppningar mellan rummen och de linjerade rektanglarna symboliserar dörrar.

7.7.6 Branden

Branden som använts i ARGOS är modellerad som en poolbrand där effekten följer en α -t²-brand. Den dimensionerande branden har $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ och en maximal effektutveckling på 10 MW. Mängden brännbart material är avgörande för hur länge branden kan fortgå. Detta är dock inte väsentligt i denna undersökning eftersom branden troligen inte kommer slockna förrän långt efter utrymning måste vara avslutad.

7.7.7 Resultat

Resultatet från simuleringen i ARGOS av brand på scen redovisas i tabell 6 nedan. Värdena avser den tid det tar att nå kritiska förhållanden i de olika rummen. Scenen är av mindre intresse då det endast vistas ett fåtal personer här och dessa antas ha god lokalkännedom. Det är framför allt tiderna till kritiska förhållanden på parkett- och galleriplan som studeras.

	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Resultat från simulering i ARGOS vid brand på scen	Scen	320	474	366	174
	Parkett	404	Inträffar ej	375	Inträffar ej
	Galleri	658	Inträffar ej	327	319

Tabell 6: Resultat från simulering vid brand på scen

Kritiska förhållanden uppstår först på galleriplan då sikten här dämpas till 10 meter efter 319 sekunder. Siktförhållandena på parkett- och galleriplan redovisas i diagram 10 där man kan

utläsa att siktnedsättningen på galleriplan bara tangerar det kritiska värdet. Eftersom endast parkett- och galleriplan är av intresse ur personsäkerhetssynpunkt redovisas ej diagram för scenen. Kort efter det kritiska värdet för sikt uppnåts blir även höjden för rökgaslagret kritiskt, detta sker efter 327 sekunder på galleriplan, se diagram 11.

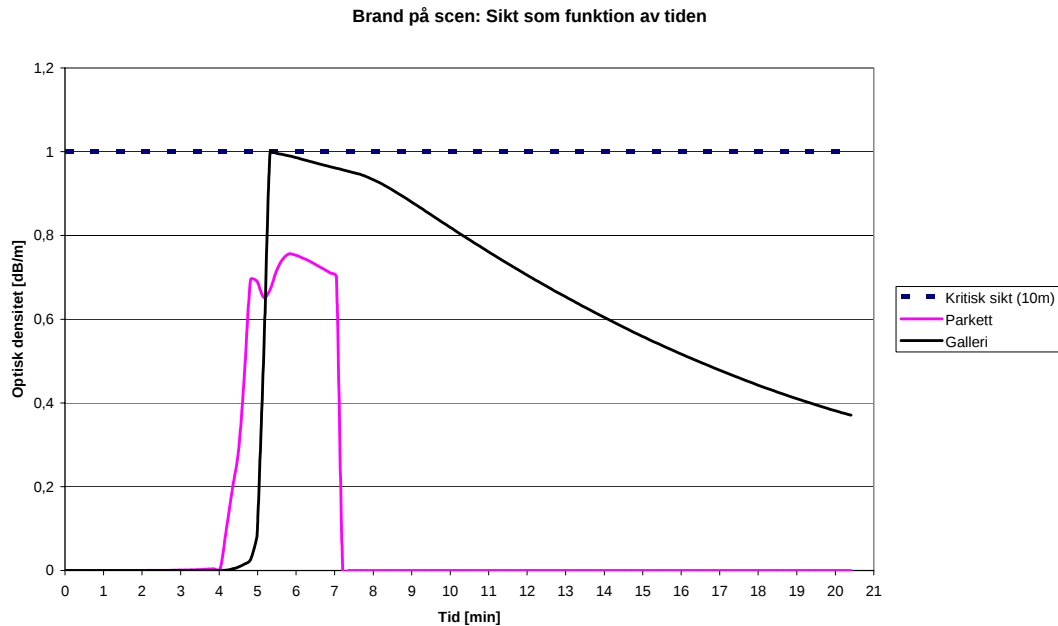


Diagram 10: Optisk densitet som funktion av tiden

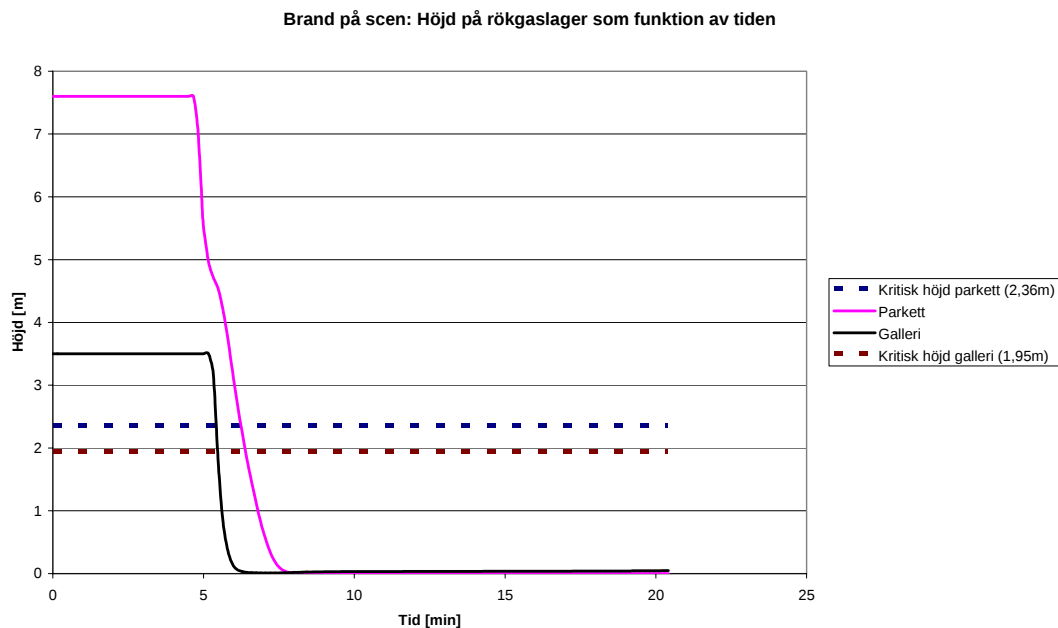


Diagram 11: Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden

7.8 Brandscenario 3 – Teknikerplatsen

7.8.1 Allmänt

Teknikerplatsen är belägen i bakre delen av salongen på parkettplan. Den består av ett bås i trä med en överdel i glas som vetter mot de bakersta stolsraderna. Båset innehåller en mängd teknisk utrustning, bland annat datorskärmar och mixerbord samt diverse kablar.



Bild 6: Teknikerplats

Antändningskällan kan rimligtvis vara ett fel i den tekniska utrustningen som orsakar en kortslutning med gnistor som ger antändning. Gnistor från kortslutningen antänder plasthöljerna i den tekniska utrustningen, exempelvis en datorskärm, och sprider sig snabbt till träet i teknikerplassen. Dessutom finns risk för brandspridning till stolar och lösa inventarier inne i båset. Flammorna kan antända galleriplanet som är placerat rakt ovanför teknikerplassen. Strålningen från branden kan antända de bakersta stolsraderna på parkettplan.

Teknikerplassen är placerad i salongen som är det rum där samtliga människor befinner sig under en föreställning. Brandens spridning är därför avgörande för personsäkerheten i lokalen. Placeringen utgör risk för snabb brandspridning då salongen innehåller många träkonstruktioner och takhöjden i teknikerplassen är låg.

7.8.2 Framtagning av effektutvecklingskurva

Brandbelastningen i teknikerplassen liknar den som kan förekomma i en arbetsbänk, därför har värde för effektutvecklingen vid en sådan brand använts vid framtagningen av effektutvecklingskurvan. Den maximala effektutvecklingen antas vara 3,5 MW. Värdet kommer från NIST och är taget från en arbetsbänk med tre sidor [7]. Denna konfiguration liknar teknikerplassen vad gäller dimension och utrustning.

Då teknikerplatsen är en del av salongen finns tillräckligt med syre i rummet och branden blir bränslekontrollerad.

Tillväxthastigheten valdes följa en α - t^2 -brand med α -värdet motsvarande en *medium*-brand, det vill säga $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$. Den tid det tar för branden att nå den maximala effektutvecklingen blir:

$$Q = \alpha \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{Q}{\alpha}} = \sqrt{\frac{3500}{0,012}} = 540 \text{ sekunder, det vill säga 9 minuter}$$

Beräkningar för framtagning av brandeffektkurvan finns i bilaga 4.

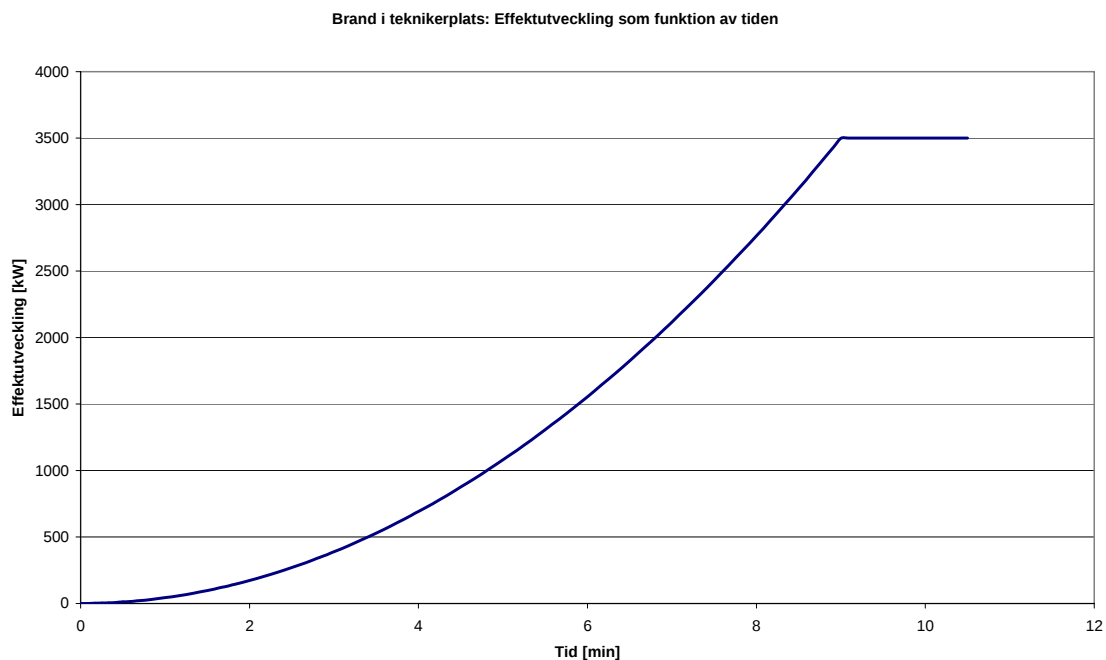


Diagram 12: Effektutvecklingen vid brand i teknikerplatsen

7.8.3 Simulering i ARGOS av brand i teknikerplats

Simulering av brand i teknikerplatsen förutsätter att brandridån mellan scen och salongen hissas ner. Förhållandena på scen undersöks därför inte.

7.8.4 Antaganden och bakgrund

I detta scenario spelar själva salongen en central roll. Det är här samtliga personer uppehåller sig under en normal föreställning och det är därför intressant att undersöka hur en brand utvecklas och sprider sig. Dessutom kan det vara av intresse att undersöka förhållandena i utrymningsvägarna och därför har dessa rum studerats. För att begränsa simuleringen förutsätts att brandridån mellan scen och salong hissas ned.

7.8.5 Rummen

Vid uppbyggnaden av scenariot i ARGOS användes fyra rum: bakre parkett, främre parkett, galleri och ovala rummet.

Bakre parkett är definierat som hela arean under galleriet. Det inkluderar således själva teknikerplatsen samt några av stolsraderna på bakre delen av parkettplan.

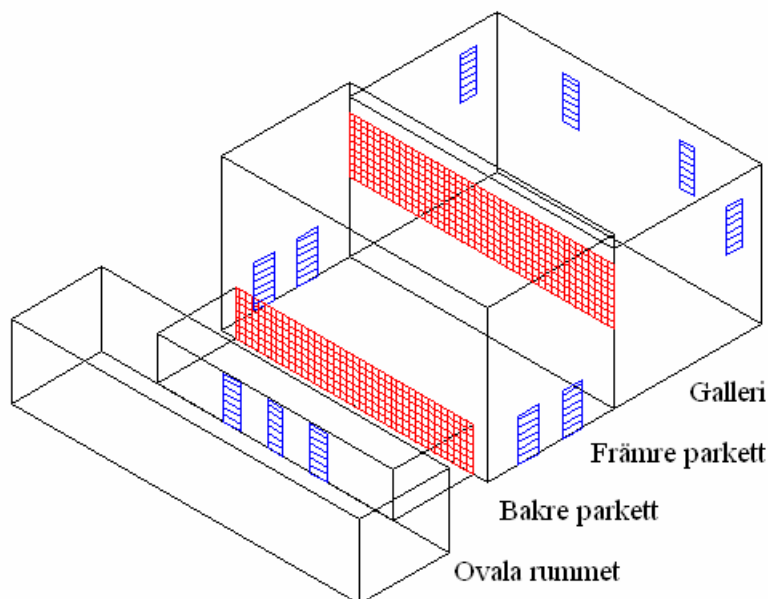
Främre parkett består av resten av parkettplan och avgränsas av brandridån vid scen samt väggarna mot korridorerna.

Galleriet har i verkligheten en golvnivå som ligger högre än resten av salongen men eftersom olika golvnivåer inte kan matas in i ARGOS så är istället galleriet ett högt rum med en öppning mot bakre parkett strax under taket.

Ovala rummet är beläget på parkettplan med förbindelse till den bakre delen av bakre parkett.

Vid inmatningen i ARGOS tas inte det lutande golvet i bakre parkett eller det lutande taket i galleriet med. Den varierande rumshöjden är därmed förenklad med en medelhöjd över hela rummet.

De rum som ligger vid sidan av varandra är förbundna med väggar och med insatta dörrar eller öppningar. Då alla rummen ligger inom samma brandcell är dörrarna som använts vanliga trädörrar. Dörrar som är placerade i brandcellsgränsen är branddörrar och står i förbindelse med omgivningen.



Figur 6: Modell av simulering i ARGOS av brand i teknikerplats. Rutnätet i figuren symboliserar öppningar mellan rummen och de linjerade rektanglarna symboliserar dörrar.

7.8.6 Branden

Branden som använts i ARGOS är modellerad som en poolbrand där effekten följer en α - t^2 -brand. Den dimensionerande branden har $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$ och en maximal effektutveckling på 3,5 MW. Dessutom har ett värde för den optiska rökpotentialen på 100 dB/m använts. Mängden brännbart material är avgörande för hur länge branden kan fortgå. Detta är dock inte väsentligt i denna undersökning då branden inte når sin maximala effektutveckling förrän efter 10 minuter då utrymning bör vara avslutad.

7.8.7 Resultat

Resultatet från simuleringen visas i tabell 7 nedan.

	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Resultat från simulering i ARGOS vid brand i teknikerplatsen	Bakre parkett	390	405	420	240
	Främre parkett	435	645	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465

Tabell 7: Resultat från simulering av brand i teknikerplats

I tabellen framgår att kritiska förhållanden uppstår redan efter 195 sekunder, då sikten når 10 meter i den främre delen av parkettplan. Generellt är sikten den avgörande faktorn för när kritiska förhållanden uppstår i samtliga rum. Dessutom framgår att faran för personsäkerhet är liten i ovala rummet som därmed kan användas vid utrymning. I diagram 13 och 14 visas resultatet för siktförhållanden och brandgaslagrets höjd i galleri samt främre och bakre parkett.

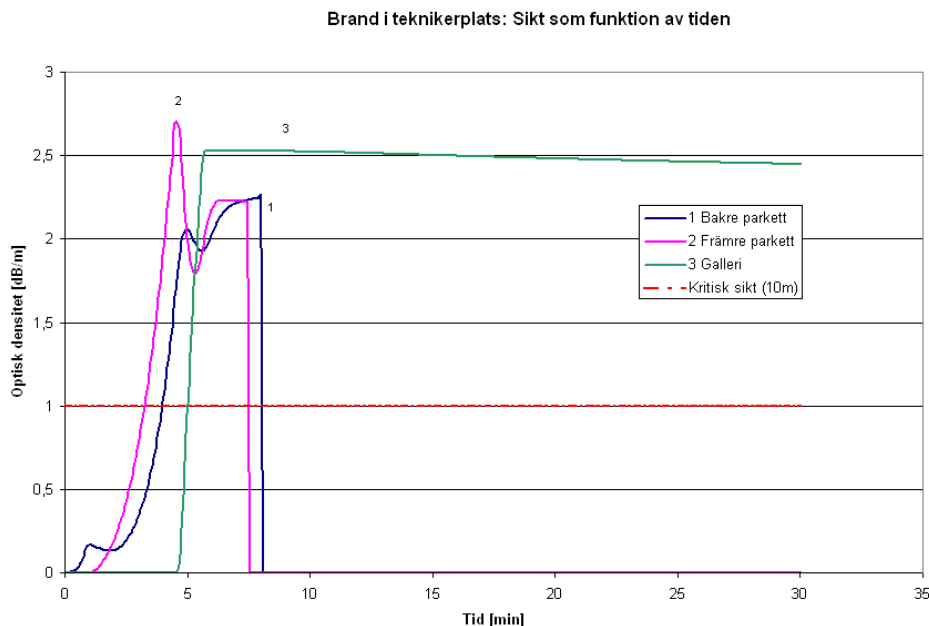


Diagram 13: Optisk densitet som funktion av tiden

Av diagrammen framgår att optiska densiteten når ett maximalt värde på ca 2,5 dB/m, vilket överstiger den kritiska nivån på 1 dB/m vilket motsvarar en sikt på 10 meter. Dessutom framgår att sikten på parkettplan blir noll vid ungefär 500 sekunder, vilket beror på att brandgaslagret når ända ner till golvet. Detta framgår även av diagram 14.

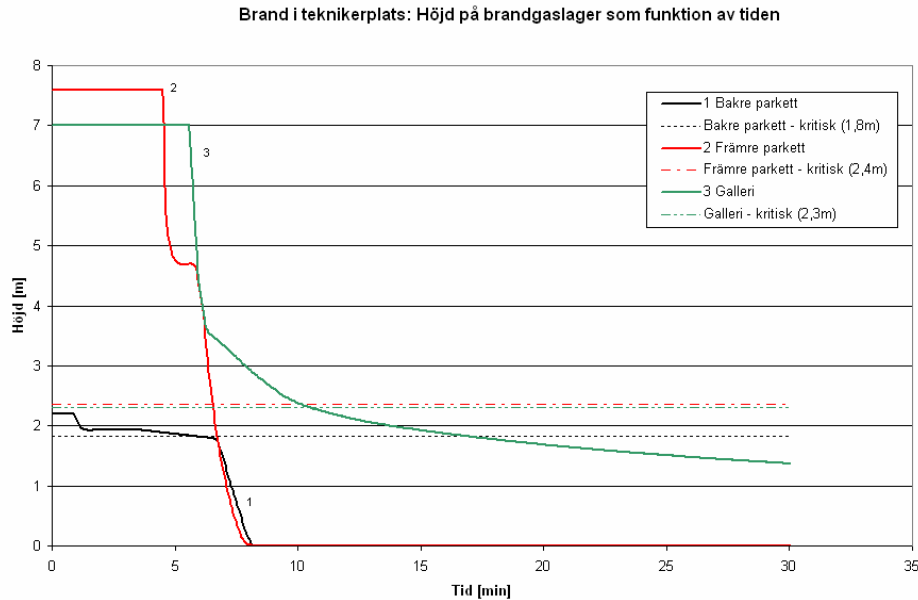


Diagram 14: Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden

7.8.8 Problem

Vid första simuleringen var teknikerplatsen definierad som ett eget rum, avskilt med tunna träväggar. Dessa var inte förbundna med taket och borde således vara en bra approximation av de verkliga förhållandena. Simuleringen medförde dock en snabb övertändning av teknikerplatsen. Detta verkar inte rimligt då brandgaserna inte har möjlighet att ansamlas under taket utan sprids vidare ut till salongen. För att komma runt problemet delades parkettplan upp i främre och bakre parkett, där teknikerplatsen är en del av bakre parkett.

8 Utrymningssimulering

8.1 Brand i garderoben

Vid brand i garderoben kommer detektorn som sitter i taket att utlösa relativt snabbt och utrymningslarmet går igång. Det finns dock risk för att reaktions- och beslutstiden blir lång eftersom personerna som sitter på parkett- och galleriplan varken ser branden eller känner lukt av brandgaser. Detta beror på att sträckan och tiden för transport av brandgaserna är lång då de måste stiga från entréplan minst ett plan uppåt för att nå personerna som befinner sig på parkettplan. Det är dessutom troligt att brandgaserna hunnit kylas så pass mycket att den termiska stigkraften förlorats.

Man kan anta att åskådarna under föreställningen ogärna påbörjar en utrymning om de inte uppfattar ett uppenbart hot i form av en brand, särskilt då besökarna betalt för teaterbesöket och dessutom kan ha druckit alkohol. Detta leder som sagt till att reaktions- och beslutstiden blir lång om inte teaterns personal informerar om att brand utbrutit eller ett talat utrymningsmeddelande startar.

En annan faktor som påverkar reaktions- och beslutstiden är hur personerna på scen agerar. Om föreställningen avbryts eller om brandridån över scen hissas ner är besökarna mer benägna att utrymma då detta tyder på en uppenbar fara.

Vid brand i garderoben rökfylls stora delar av entréplan varefter brandgaserna kan stiga upp för trapporna som leder till parkettplan. Dessa trappor blir därmed troligen obrukbara som utrymningsvägar och utrymning måste ske genom någon annan utgång. Att utrymning måste ske genom en annan väg än den som personerna tog för att komma in i lokalen är en faktor som kan förlänga reaktions- och beslutstiden. Utrymning av parkettplan är beroende av ifall brandridån över scen hissas ner eller inte. Om ridån inte går ner finns möjlighet att utrymma via scen och trapphuset som finns på scenens ena sida. Om ridån hissas ner blockeras denna utrymningsväg.

Säkraste sättet att utrymma parkettplan är att gå ut på altanen och därifrån ta sig ner till markplan via en spiraltrappa. Väl ute på altanen är de utrymmande personerna så gott som i säkerhet då altanen gott och väl rymmer alla som vistas på planet samt att det inte är troligt att några större mängder brandgaser besvärar personerna där. Köbildningen som kan uppstå vid spiraltrappan är av mindre betydelse då personerna vistas ute i det fria och redan är relativt säkra.

En annan utrymningsväg från parkettplan är att använda trapphuset intill logen för att ta sig ner till entréplan och därifrån utrymma genom caféet.

Utrymning från galleriplan kan troligen ske samma väg som personerna kom in. Det finns visserligen flera osäkerheter med att utrymma denna väg då den leder till foajén (se bild 7) i entréplan, det vill säga inte långt ifrån den plats där branden startar. Garderoben och foajén skiljs åt av tre svängdörrar i trä som varken tål någon större brandbelastning eller är särskilt täta. Därmed finns risk att brandgaser sprider sig till foajén vilket försvårar utrymning. Mellan foajén och trapporna som leder till galleriplan finns liknande svängdörrar som försvårar brandgasspridning till trapphuset. Gångavståndet mellan dörren till trapphuset och närmsta dörr ut till det fria är endast ett fåtal meter så om trapphuset hålls fritt från brandgaser kan utrymning ske utan större besvär.



Bild 7: Foajén

En annan utrymningsväg från galleriplan är genom passagerna på båda sidor om trapphusen vidare ut i det fria på taket till våningen under och därefter in genom en dörr på motstående sida av taket som leder till ett trapphus ner till entréplan och vidare ut. Detta är en väg som verkar mycket orealistisk att någon av de utrymmande personerna väljer.

8.1.1 Simulering

För simuleringen i Simulex av utrymning vid brand i garderoben antas att de båda trappor från entréplan till parkettplan där personerna kom in blir obrukbara, eftersom brandgaser från branden kommer att ansamlas där. Den huvudsakliga utrymningsvägen som istället kommer att användas av de utrymmande personerna är via altanen och vidare ner för spiraltrappan. Dessutom kan trapphuset intill logen användas för utrymning av parkettplan.

Då det är osäkert ifall brandridån över scen hissas ner eller ej har simuleringar gjorts för båda dessa fall. Om ridån ej hissas ner kan utrymning även ske via scen och genom trapphuset på scenens ena sida. Eftersom utrymningsvägarna via trapphuset på scen och via trapphuset vid logen kan vara svåra att upptäcka för personer som inte tidigare vistats i lokalen har även en utrymningssimulering gjorts för fallet då korridorerna vid trapphusen ner till entréplan är rökfyllda och alla personerna blir tvungna att utrymma genom de två bakre dörrarna på parkettplan vidare ut till altanen.

Varseblivningstiden sattes till 30 sekunder och besluts- och reaktionstiden sattes till 240 sekunder [13]. Den dimensionerande persontypen som använts vid alla simuleringarna har varit den i Simulex definierade "Japan: theatre" som motsvarar en normal teaterpublik.

För att få ett rimligt resultat vid simuleringen var det nödvändigt att styra personerna till vissa utgångar för att förhindra orimlig köbildning vid vissa utrymningsvägar medan andra vägar inte användes alls trots att de var mer troliga i ett verkligt fall. Styrningen skedde genom att

definiera vilka utgångar de olika personerna fick använda samt blockera vissa vägar i ritningarna vilket gjorde att vissa personer bara kunde välja en bestämd väg.

8.1.2 Resultat

Simuleringar har gjorts både i det fall då personerna på parkettplan kan använda alla utrymningsvägar utom de två trapphusen mellan entréplan och parkettplan som de använde för att komma in i lokalen samt det fall då alla personerna på parkettplan utrymmer via de två bakre dörrarna ut till altanen. Resultat från simuleringarna visas i tabell 8 nedan. Tiden anges i sekunder.

	Varseblivningstid	Reaktions- och beslutstid	Förflyttningstid	Total utrymningstid
Utrymning via alla utrymningsvägar	30	240	146	416
Utrymning endast via de två bakre dörrarna	30	240	267	537

Tabell 8: Resultat från simuleringar i Simulex. Tider i sekunder.

8.2 Brand på scen

Vid brand på scen blir varseblivningstiden kort då alla personerna i lokalen ser branden. Utrymning från parkettplan kan ske samma väg som personerna kom in, alltså via trapporna som leder till entréplan. Det är mindre troligt att personerna väljer någon av de andra utrymningsvägarna, det vill säga via altanen eller trapphuset vid logen.

8.2.1 Simulering

Vid brand på scen ser samtliga personer branden vilket gör att varseblivningstiden sätts till 15 sekunder och reaktions- och beslutstiden sätts till 60 sekunder [14].

8.2.2 Resultat

Resultatet från simuleringen visas i tabell 10 nedan. Tiden anges i sekunder.

Varseblivningstid	Reaktions- och beslutstid	Förflyttningstid	Total utrymningstid
15	60	119	194

Tabell 9: Resultat från simulering i Simulex. Tider i sekunder.

8.3 Brand i teknikerplats

Varseblivningstiden för de personer som under en föreställning sitter närmast teknikerplatsen, det vill säga på de bakre stolsraderna på parkettplan, blir kort då de förmodligen upptäcker branden i ett tidigt skede.

De personer som sitter på galleriplan ser inte branden och varseblivningstiden för dessa personer blir därmed längre. Det är först i ett senare skede dessa personer blir medvetna om branden då de ser rökgaser som börjar stiga uppåt, då personerna på parkettplan börjar utrymma eller utrymningslarmet sätter igång.

Utrymning kan ske genom samma väg som personerna kom in i lokalen. Om brandridån på scen inte hissas ner finns möjlighet att utrymma parkettplan via trapphuset vid scen. Även

altanen och trapphuset vid logen är möjliga vägar att utrymma men det är mindre troligt att någon väljer dessa vägar eftersom de är okända för personerna i lokalen.

8.3.1 Simulering

Vid brand i teknikerplatsen upptäcker de personer som sitter på parkettplan branden i ett tidigt skede, därför har varseblivningstiden satts till 15 sekunder och reaktions- och beslutstiden satts till 60 sekunder [14]. Personerna som sitter på galleriplan ser inte branden utan upptäcker den först då rökgaserna stiger uppåt samt då de ser personerna på parkettplan börjar utrymma. Varseblivningstiden har satts till 90 sekunder och reaktions- och beslutstiden har satts till 30 sekunder för dessa personer.

Det är troligt att personerna på parkettplan undviker att utrymma genom de två dörrar som ligger närmast teknikerplatsen då det är där branden startar. För att ta hänsyn till detta har dessa två dörrar blockerats vid simuleringarna i Simulex.

Alla personer antas utrymma samma väg de kom in, det vill säga de som vistas på parkettplan väljer trapphusen som leder ner till kapprummet på entréplan och de som vistas på galleriplan väljer de trapphusen som leder ner till foajén på entréplan.

8.3.2 Resultat

Resultatet från simuleringen i Simulex visas i tabell 9 nedan. Utrymningstiderna för personerna som vistas på parkett- respektive galleriplan blir olika eftersom de inte blir varse om branden samtidigt, därför redovisas resultaten för de två planen var för sig. Tiden anges i sekunder.

Varseblivningstid		Reaktions- och beslutstid		Förflyttningstid		Total utrymningstid	
Parkett	Galleri	Parkett	Galleri	Parkett	Galleri	Parkett	Galleri
15	90	60	30	109	119	184	239

Tabell 10: Resultat från simuleringar i Simulex. Tider i sekunder

Den tid det tar innan den sista personen hunnit utrymma är 239 sekunder och denna tid gäller för de som vistas på galleriplan eftersom dessa personer blir medvetna om branden sist. Utrymningstiden för personerna på parkettplan blir 184 sekunder.

9 Jämförelse mellan simuleringar i ARGOS och Simulex

9.1 Brand i garderob

Brand i garderoben är det värsta tänkbara scenariot eftersom de brandgaser som bildas snabbt sprider sig till trapphusen som leder till parkettplan. Dessa utrymningsvägar blir därmed obrukbara. Simuleringar av brandförloppet i ARGOS har gjorts både i de fall då sprinkler aktiveras och då de inte aktiveras. I båda fallen uppstår kritiska förhållanden i trapphusen vilket innebär att alla personer på parkettplan måste utrymma via de två bakre dörrarna och vidare ut på altanen.

Vid simuleringarna i ARGOS av brand i garderoben uppstår kritiska förhållanden i trapphusen efter en knapp minut då sprinkler ej aktiveras. I de fall då sprinkler aktiveras uppstår fortfarande kritiska förhållanden i trapporna mellan parkettplan och entréplan. Tiden för utrymning via de två bakre dörrarna och därifrån vidare ut på altanen blir enligt simuleringar i Simulex 9 minuter.

Förutsättningen för att utrymning kan ske på ett säkert sätt är att dörrarna mellan korridorerna och salongen på parkettplan hålls stängda, annars rökfylls salongen och kritiska förhållanden kan uppstå innan alla personer hunnit utrymma.

9.2 Brand på scen

Vid simulering i ARGOS av brand på scen uppstår kritiska förhållanden efter knappt 5,5 minuter på galleriplan och efter drygt 6 minuter på parkettplan. Den totala utrymningstiden vid brand på scen blir enligt simuleringar i Simulex drygt 3,5 minuter, vilket innebär att alla personer i lokalen hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Det finns risk för att reaktions- och beslutstiden kan bli längre än 60 sekunder som är den tid som har använts vid simuleringarna i Simulex då publiken kan tro att branden är en del av föreställningen i form av ljus- och rökeffekter. Tiden till kritiska förhållanden uppstår är dock så stor att ingen risk för personerna i lokalen föreligger.

9.3 Brand i teknikerplats

Resultat från simuleringar i ARGOS visar att kritiska förhållanden uppstår efter cirka 3,5 minuter på främre delen av parkettplan och efter 4 minuter på bakre delen av parkettplan. På galleriplan uppstår kritiska förhållanden efter 5 minuter och i ovala rummet efter drygt 7,5 minuter.

Utrymningstiden från simuleringar i Simulex för parkettplan är drygt 3 minuter, vilket innebär att personerna nått och jämt hinner ut innan kritiska förhållanden uppstår. Enligt simuleringar i Simulex blir utrymningstiden för galleriplan 4 minuter.

10 Diskussion

Vid jämförelse med BBR visade sig byggnaden uppfylla de flesta krav som ställs, dock hittades några brister vilket ledde till att en analytisk undersökning också utfördes.

Det mest allvarliga scenario som kan inträffa när människor vistas i byggnaden är att brand utbryter i garderoben. Branden leder till att trapphusen som utgör utrymningsvägar från parkettplan blockeras av brandgaser och andra utrymningsvägar måste väljas. Även utrymning från galleriplan påverkas av brand i garderoben då brandgaser ansamlas i foajén som måste passeras vid utrymning via trapphusen.

I simuleringarna har framför allt fallet då sprinklerna i kapprummet ej aktiveras studerats. Detta är givetvis det värsta tänkbara fallet och leder mycket snabbt till kritiska förhållanden i korridorerna på vardera sida om salongen på parkettplan.

Även då sprinklerna aktiveras uppstår kritiska förhållanden i trapphusen mellan entréplan och parkettplan vilket innebär att dessa inte kan användas som utrymningsvägar. Det föreligger fortfarande stor risk för kritiska förhållanden i korridorerna på parkettplan även då sprinklerna aktiveras eftersom brandförloppet är mycket snabbt och sprinklerna ej är dimensionerade för att släcka branden utan endast begränsa den. Förutsättningen för att utrymning från parkettplan ska kunna ske är att dörrarna mellan korridorerna på vardera sida om salongen hålls stängda och att samtliga personer utrymmer via de bakre dörrarna på parkettplan vidare ut på altanen.

En nödvändig åtgärd för att förhindra brandgasspridning från korridorerna på parkettplan in i salongen vid brand i garderoben är att dörrarna till salongen är självstängande. Om självstängande dörrar installeras finns goda möjligheter att utrymma parkettplan via altanen.

Utrymning från galleriplan är inte helt tillfredsställande. Kritiska förhållanden uppstår i foajén vid brand i garderoben men det är inte otänkbart att personer som utrymmer från galleriplan via trapphusen och vidare genom foajén kan använda denna utrymningsväg då gångavståndet genom foajén endast är ett fåtal meter. Andra utrymningsvägar än trapphusen till entréplan och vidare via foajén finns tillgängliga, men dessa förutsätter att de utrymmande personerna går ut på takavsatserna på galleriplan och vidare in genom en dörr på motsatt vägg. Dessa vägar kan inte anses vara attraktiva som utrymningsvägar för personer utan lokalkännedom i en stressande situation, därför bör de försees med tydligare markering. Det finns även problem med brandgaser som blåses ut i utrymningsvägen. Detta är allvarligt då takavsatserna är små och inte rymmer alla personer som vistas på galleriplan. Teaterns ventilationssystem skall ses över.

För att undvika problemet med brandgasspridning till parkettplan vid brand i garderoben skall någon form av brandcellsskiljande konstruktion mellan våningsplanen installeras. Ett alternativ kan vara att flytta garderoben till en annan plats i byggnaden, exempelvis caféet, där en eventuell brand inte påverkar utrymning från salongen.

11 Förslag på åtgärder

De åtgärder som kan göras i Landskrona teater delas upp i två delar. En del med åtgärder som **skall** göras och en del med åtgärder som **bör** göras. De åtgärder som skall göras är nödvändiga för att få en säker byggnad med tillfredställande personsäkerhet vid händelse av brand.

11.1 Åtgärder som skall göras

Det skall installeras självstängande anordningar på de gamla salongsdörrarna.

Då dörrarna (se bild 8) är brandcellsavskiljande konstruktion skall dessa vara självstängande. Enligt simuleringarna uppstår kritiska förhållanden i trapphusen till parkettplan oavsett om sprinklerna aktiveras eller ej och för att förhindra brandgasspridning till salongen skall dörrarna kompletteras med självstängare. Då byggnaden är kulturminnesmärkt måste en utredning av Länsstyrelsen i Skåne ske för att godkänna denna åtgärd.

Förhindra brandgasspridning vid eventuell brand i kapprummet vidare till parkettplan.

I dagsläget finns det ingen brandcellsavskiljande konstruktion mellan de båda våningsplanen. För att lösa detta problem skall det sättas upp en brandcellsavskiljande dörr vid trapphusen i kapprummet för att säkerställa en betryggande utrymning. Även denna åtgärd kräver ett godkännande av Länsstyrelsen i Skåne. Ett alternativ kan vara att flytta garderoben till en annan del av byggnaden, exempelvis som en del av caféet.

Brandcellsavskiljande dörrar skall hållas stängda.

Vid besöket var dörren mellan rum 132 och 165 uppställd med en sopkvast, se ritning i bilaga 1 för rummens placering.

Det skall göras en ordentlig genomgång av det gamla ventilationssystemet.

Då det inte är säkerställt exakt hur det gamla ventilationssystemet har fungerat skall det göras en ordentlig genomgång och dokumentering. Detta kan ske genom att använda så kallad discorök för att se vart de olika kanalerna leder.



Bild 8 Salongsdörr i brandcellsgräns utan självstängare

11.2 Åtgärder som bör göras

Utrymningsvägarna via takavsatserna på galleriplan bör ses över.

Avluftshuvens placering vid takavsatserna påverkar utrymningen. Vid brand kan brandgaserna spridas denna väg och försvåra utrymning. Det bör även vidtas åtgärder för att få fler personer att använda denna utrymningsväg så som tydligare vägledande markering och ett högre räcke på takavsatserna.

De rutiner och handlingsplaner för anställda och för de gästande ensemblerna bör ses över.

De rutiner som finns uppsatta vid en eventuell brand bör redigeras och göras mer praktiskt genomförbara. De gällande instruktionerna som kommit oss tillhanda finns i bilaga 14.

Ett talat utrymningslarm bör installeras i teatern.

För att säkerställa en så effektiv utrymning som möjligt och förkorta reaktions- och beslutstiden bör ett talat meddelande spelas upp vid utrymning.

Det bör göras en empirisk undersökning av de gamla salongsdörrarna.

För att vara säkra på att salongsdörrarna kan klassas som en EI 30 utifrån de brandtekniska förbättringar som är gjorda.

Brandgasluckorna över scenen bör öppnas automatiskt.

Att utlösa brandgasluckorna manuellt från scenen med hjälp av wiresystem (se bild 9) är osäkert då det inte finns uppsatta rutiner för vem som ska öppna dessa. För att få ett säkrare system bör brandgasluckorna öppnas per automatik vid aktivering av brandlarm.



Bild 9: Wiresystem för öppning av brandgasluckor

Bredden på spiraltrappan från altanen bör bytas till en med 1,20 meters bredd.

Om det är möjligt bör spiraltrappan bytas från en med 0,9 meters bredd till en med 1,2 meters bredd för att underlätta utrymningen av teatern.

12 Verifiering av åtgärder

12.1 Kritiska förhållande i salongen vid brand i garderoben

För att motivera att självstängande dörrar skall installeras i brandcellsgränsen mellan salongen och korridoren utfördes några extra simuleringar med ett modifierat scenario.

Rummen

Det nya scenariot består av 5 rum; foajé, kapprum (brandrummet), trappa/korridor vänster, trappa/korridor höger och salongen.

Foajén är medtagen för att förhindra att det uppstår övertändning i kapprummet och för att få så verklighetstroget scenario som möjligt.

Simulering

Fyra simuleringar är gjorda. Dessa är:

A: Sprinklerna i kapprummet är aktiverade – dörr mellan korridor och salong är öppen.

B: Sprinklerna i kapprummet är aktiverade – dörr mellan korridor och salong är stängd.

C: Sprinklerna i kapprummet är ej aktiverade – dörr mellan korridor och salong är öppen.

D: Sprinklerna i kapprummet är ej aktiverade – dörr mellan korridor och salong är stängd.

Resultat

Sikt – 10 m (1 dB/m)

Sprinkler aktiveras

Tid till kritiska förhållanden [s]		
Rum	Dörrarna öppna (A)	Dörrarna stängda (B)
Foajé	78	78
Kapprum	Inträffar ej	Inträffar ej
Trappa/korridor vänster	72	72
Trappa/korridor höger	72	72
Salong	Inträffar ej	Inträffar ej

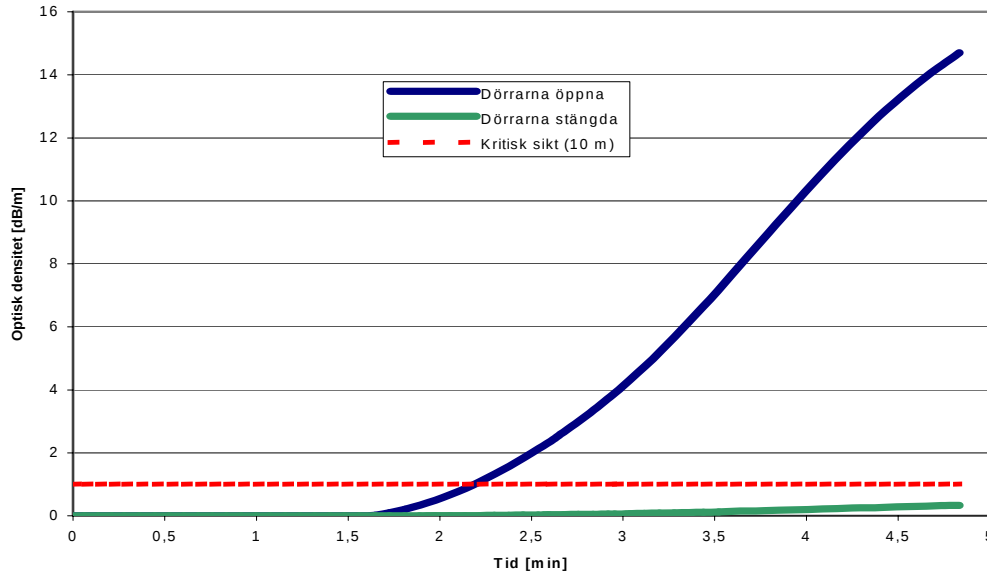
Sprinkler ej aktiverade

Tid till kritiska förhållanden [s]		
Rum	Dörrarna öppna (C)	Dörrarna stängda (D)
Foajé	72	108
Kapprum	96	96
Trappa/korridor vänster	72	72
Trappa/korridor höger	72	72
Salong	132	Inträffar ej

Av resultatet framgår att vid öppna dörrar mellan korridorerna och salongen uppstår kritiska förhållanden i salongen efter drygt 2 minuter i det fall sprinklerna ej aktiveras. När sprinklerna aktiveras har dörrarna ingen påverkan på sikten då brandförloppet är kort.

Den optiska densiteten i salongen då sprinklerna ej aktiveras framgår av följande diagram.

Brand i garderoben: Sikt i salongen som funktion av tiden



Höjd till brandgaslagret – $1,6+0,1 \cdot H$

Sprinkler aktiveras

Tid till kritiska förhållanden [s]		
Rum	Dörrarna öppna (A)	Dörrarna stängda (B)
Foajé	Inträffar ej	Inträffar ej
Kaprum	42	42
Trappa/korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej
Trappa/korridor höger	Inträffar ej	Inträffar ej
Salong	Inträffar ej	Inträffar ej

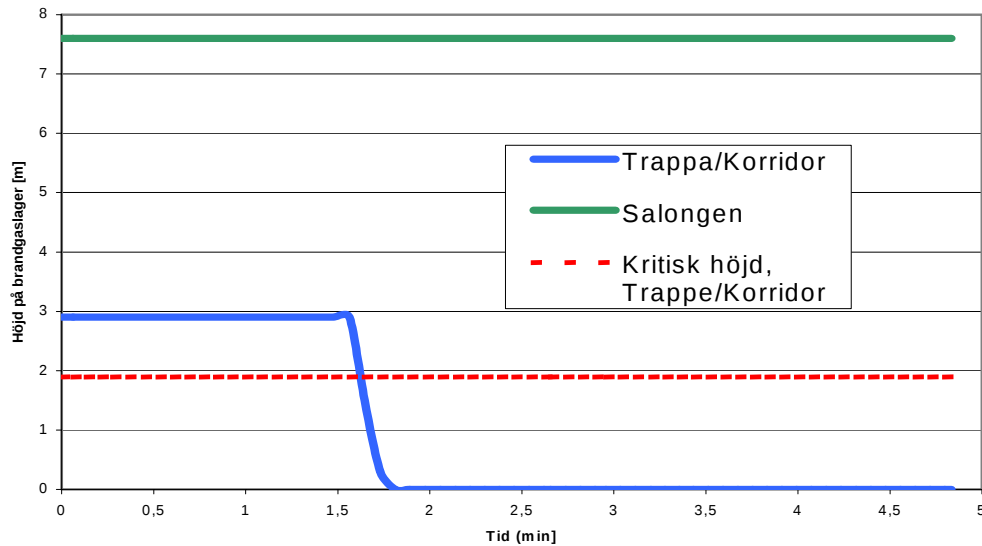
Sprinkler ej aktiverade

Tid till kritiska förhållanden [s]		
Rum	Dörrarna öppna (C)	Dörrarna stängda (D)
Foajé	96	96
Kaprum	48	48
Trappa/korridor vänster	96	96
Trappa/korridor höger	96	96
Salong	Inträffar ej	Inträffar ej

De kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd påverkas inte av om dörrarna till salongen är öppna eller ej. Förhållandet i salongen blir inte kritiskt, men det blir det i gengäld i korridorerna efter drygt 1,5 minuter.

Nedan visas brandgaslagrets höjd i salongen och korridorerna som funktion av tiden då dörrarna till salongen är öppna.

Brand i garderoben: Brandgaslager som funktion av tiden



13 Slutsats

Vid brand i garderoben uppstår kritiska förhållanden i trapphusen som leder till parkettplan, oavsett om sprinklerna aktiveras eller ej. En förutsättning för att betryggande utrymning skall kunna ske är att dörrarna till salongen är självstängande. Utan denna åtgärd finns stor risk att brandgaser sprids in till salongen.

Andra viktiga åtgärder är att förhindra brandgasspridning till parkettplan vid en eventuell brand i garderoben genom att göra en brandcellsavskiljande konstruktion eller att flytta garderoben till exempelvis caféet, samt göra en fullständig undersökning av ventilationssystemet.

En försvårande omständighet är att teatern har kulturhistoriskt värde vilket medför att ändringar i byggnadens utformning måste godkännas av Länsstyrelsen. Detta innebär att frågeställningen i problemformuleringen ej kan besvaras eftersom Länsstyrelsen gör specifika bedömningar i varje enskilt fall.

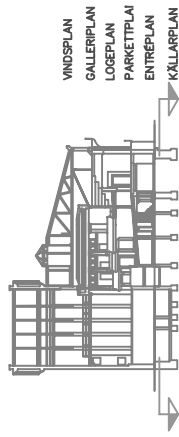
14 Referenser

- [1] Drysdale Dougal, An Introduction to Fire Dynamics, 2nd Edition, University of Edinburgh, UK 2002
- [2] Karlsson B, Quintiere J.G, Enclosure Fire Dynamics, Boca Raton, Florida, USA 2000
- [3] Särdaqvist Stefan, Initial Fires, Report 3070, Avdelningen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 1993
- [4] Boverkets byggregler, BBR 2002, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19, Boverket, Karlskrona, 2002
- [5] Bengtsson André, Brandskyddsdokumentation kv Teatern 1 Landskrona, Landskrona Räddningstjänst, Landskrona, 2001
- [6] Brandskyddshandboken, Rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002
- [7] Madrzykowski Daniel, Office Work Station Heat Release Rate Study: Full Scale vs. Bench Scale, Report, Nist, 1996.
- [8] D.W. Stroup, L. DeLauter, J. Lee and G. Roadarmel, Fire Tests of Men's Suits on Racks, REPORT 4013, National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, 2001
- [9] Särdaqvist Stefan, Vatten och andra släckmedel, Räddningsverket, Borås, 2002
- [10] Förordning (1988:1229) om statliga byggnadsminnen, <http://www.notisum.se/rnp/SLS/LAG/19881229.HTM>, 2004-11-15
- [11] Job-bulbs, Sprinklerbulbstillverkarens hemsida, <http://www.job-bulbs.com/techdata.html>, 2004-11-15
- [12] Plan och bygglagen kap 3 paragraf 10 <http://www.notisum.se/rnp/SLS/LAG/19870010.HTM> 10, 2004-11-19
- [13] Frantzich Håkan, En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav, Institutionen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1994
- [14] Boverket, Utrymningsdimensionering, Boverket, Kalmar, 2004
- [15] Fire safety engineering in buildings, draft for development, BSI DD240, 1997
- [16] The SFPE Handbook of Fire Engineering, 2nd Edition, Society of Fire Protection Engineering, 1995
- [17] Husted Bjarne P, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, samtal, Lund, oktober och november, 2004

- [18] Jenssen Lars, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, samtal, Lund, oktober, 2004
- [19] Analytisk lösning av värmeledningsekvationen, Institutionen för brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 1990
- [20] Information angående Simulex, <http://www.ies4d.com>, 2004-11-22
- [21] McGrattan K.B et al, Fire Dynamics Simulator (version 4), Technical Reference Guide, NISTIR 6783, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, September 2004
- [22] McGrattan K.B et al, Fire Dynamics Simulator (version 4), Users Guide, NISTIR 6784, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, September 2004
- [23] Husted Bjarne P., ARGOS Theory Manual, Danish Institute of Fire and Security Technology, Hvidovre, december 2003.
- [24] Länsstyrelsens information om kulturhistoriska byggnader
<http://www.m.lst.se/index.cfm?page=A4281B4A-C011-0B9B-17854FBD531B6DE0&keywords=kultur%C3%A4rkt>

Bilaga 1 – Ritningar teatern

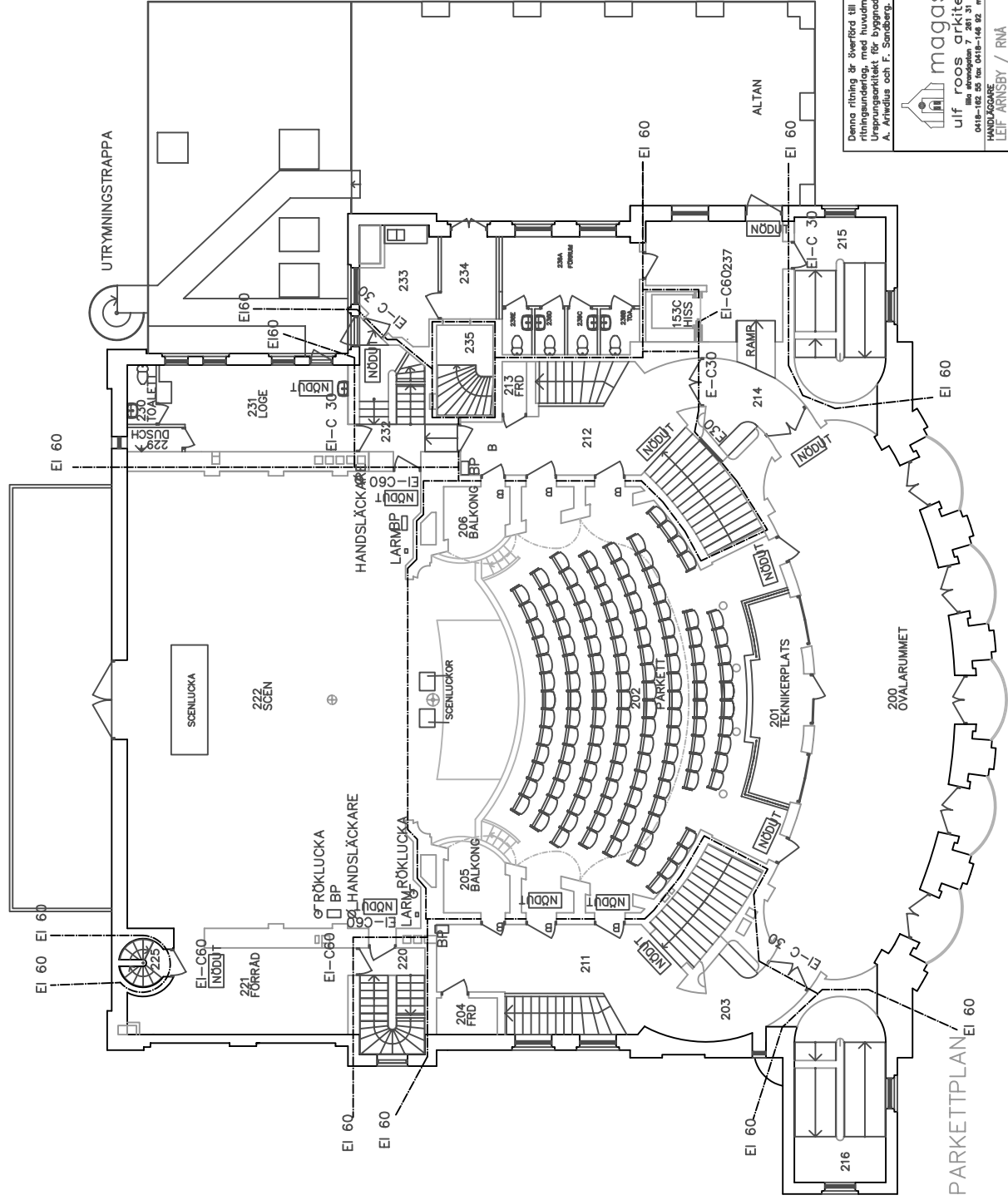
A:00028-01	Källarplan
A:00028-02	Entréplan
A:00028-03	Parkettplan
A:00028-04	Logeplan
A:00028-05	Galleriplan
A:00028-06	Vindsplan
A:00028-07	Sektion A-A



A:00028-01 A

KÄLLARPLAN

A:00028-01 A



A Relationshandling gm 2001-08-24

Den här ritning är överförd till AutoCad från befintlig ritning. Ritningen är inte utvärderad och inte godkänd. Utvärdering och godkännande för byggnadsprojekt. A. Arvidsson och F. Sandberg.

REATIONSHANDLING

LANDSKRONA TEATER

LANDSKRONA KOMMUN
RELATIONSITNING

PARKETPLAN

magasin A
uif roos arkitektgrupp
0418-162 55 fax 0418-148 82 magasin@magasin.se

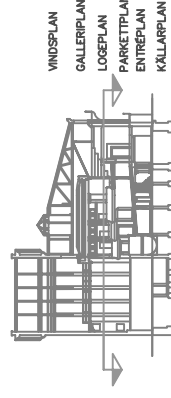
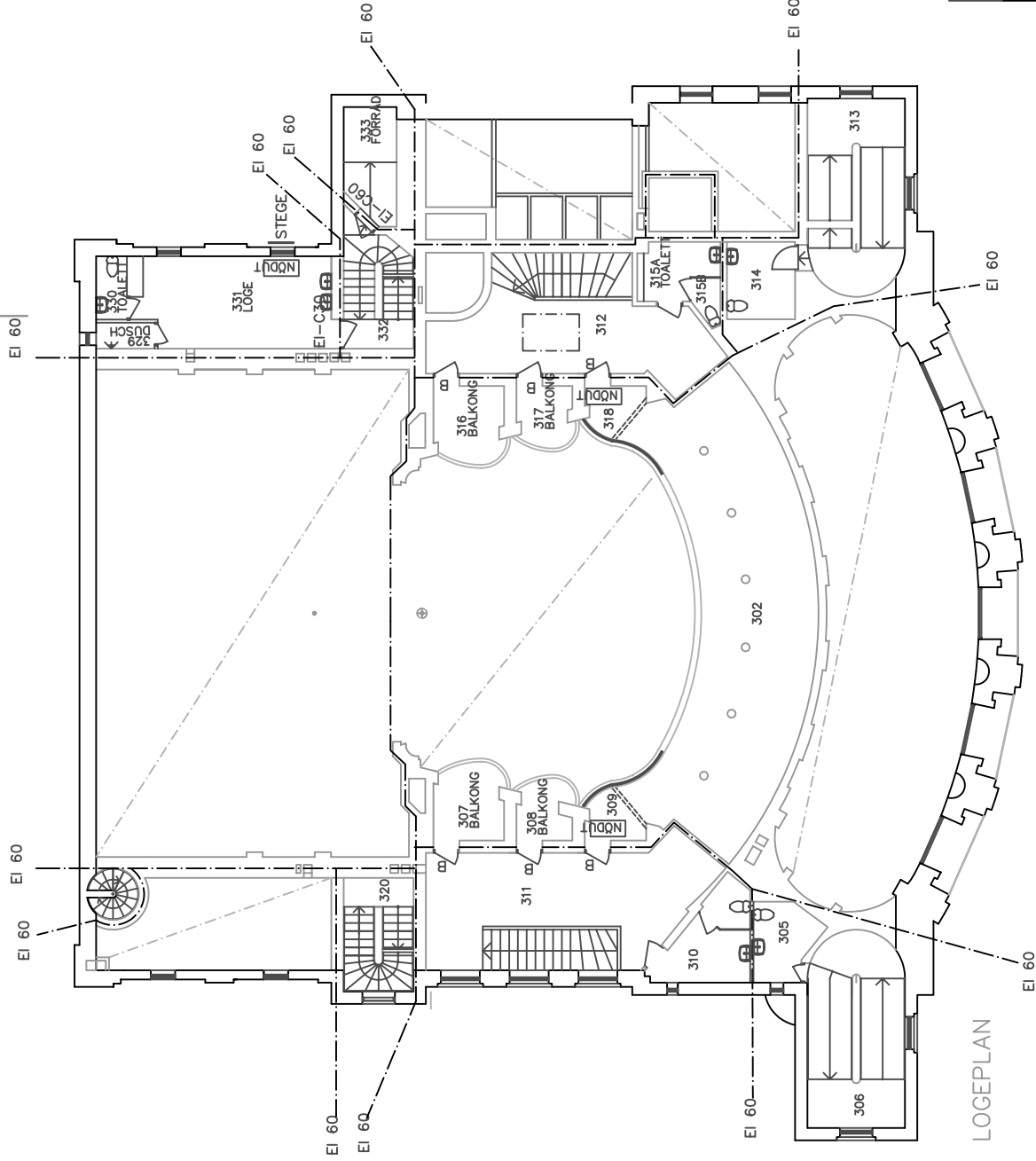
HANDLAGARE
LEIF ARNSBY / RIVA

LANDSKRONA 2001-03-02

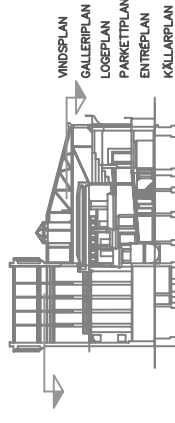
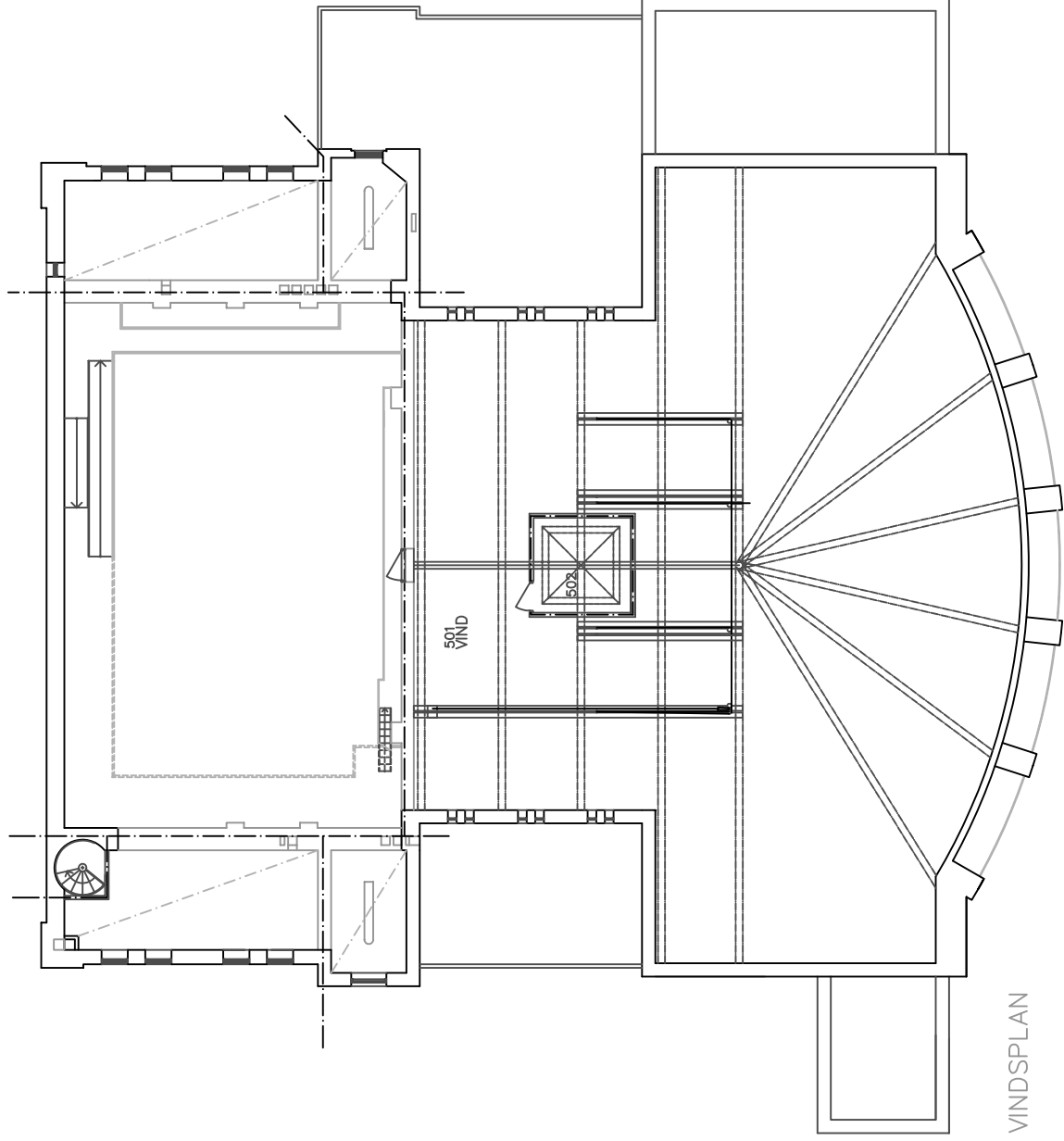
SKALA 1:200

A00028-03

A

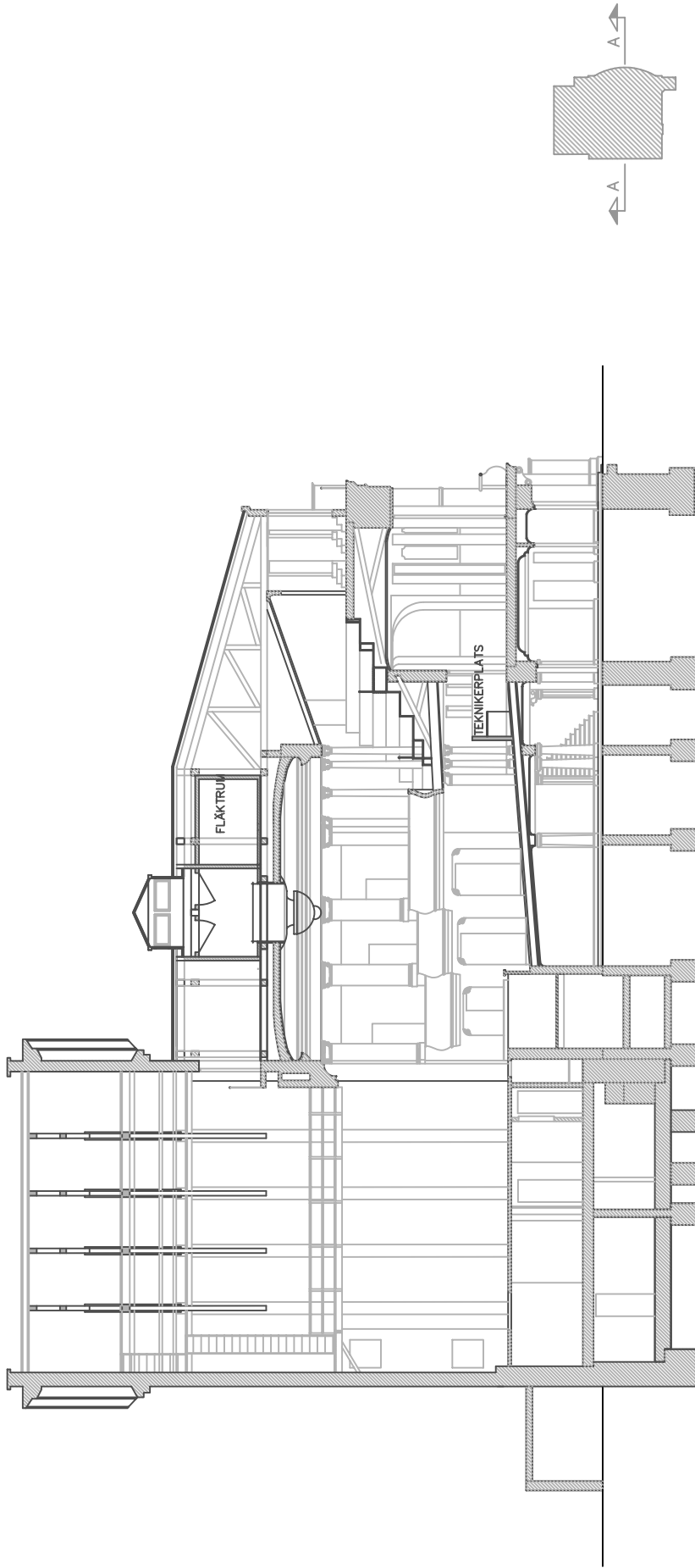


Denna ritning är överförd till AutoCad från befintlig ritning och är inte utvärderad för teknisk kvalitet. Utvärdering för teknisk kvalitet är ansvar för beställaren. A. Arvidsson och F. Sandberg.		A		Relationshandling		gm	2001-08-24
Landskrona Teater		Landskrona Kommun		Relationsritning		LOGEPLAN	
Handläggare: LEIF ARNSBY / RIVA		Landskrona 2001-03-02		SKALA: 1:200		A00028:04	A



Denna ritning är överförd till AutoCad från befintlig ritning och är inte kontrollerad. Utgåvaansvar ligger hos projektdesignern. A. Kridelius och F. Sandberg.	A		Relationshandling		gm	2001-08-24
	RENDERING	ANT	RENDERINGEN	ANSER	SIGN	DATUM
RELATIONSHANDLING						

 magasin A ulf roos arkitektgrupp 0418-28252 fax 0418-110 112 magasin@magasinA.se LEIF ARNSBY / RNA	LANDSKRONA TEATER	
	LANDSKRONA KOMMUN	
	RELATIONSRTNING	
	VINDSPLAN	
LANDSKRONA 2001-03-02	SKALA:1:200	REV
A:00028-06		A



A	Relationshandling		gm	2001-08-24
	REVISANT	RENDERINGEN ANSER	SIGN	DATUM
RELATIONSHANDLING				
LANDSKRONA TEATER				
LANDSKRONA KOMMUN				
RELATIONSRTNING				
SEKTION A - A				
SKALA 1:100				
A:00028-07				

Denna ritning är överförd till AutoCad från befintlig ritningsunderlag, med huvudsakligen kontrollerade. Utgåva: 2001-08-24. Ritad av: F. Sandberg.



magasin A
uif roos arkitektgrupp
Årstadsgatan 7, 201 31 Landskrona
0418-441111 fax 0418-142 82 magasin@magasin.se
HANDLAGARE
LEIF ARNSBY / JH / RNA

LANDSKRONA 2001-03-02

Bilaga 2 – Beräkningar för brand i garderoben

För att kunna ta fram en effektutvecklingskurva för brand i garderoben inleddes med att bestämma förbränningsvärmets för de jackor som brinner samt dess massavbrinning. Genom att multiplicera dessa värden med jackornas totala massa framkom ett värde på den frigjorda energimängden vid brand i garderoben. En tillväxthastighet ansattes för branden och tiden till brandspridning mellan de olika klädställen beräknades därefter. Utifrån detta togs en effektutvecklingskurva fram.

Effektivt förbränningsvärme

För att bestämma förbränningsvärmets för jackorna användes tre olika värden från försöken gjorda med kavajer som finns publicerade på NIST [7]. Tre olika punkter i diagrammen för effektutveckling och massavbrinning per sekund lästes av och ett medelvärde av dessa beräknades därefter.

Värde 1: 1900 kW vid tiden 350 s motsvarade en massavbrinning på 0,058 kg/s. Detta gav förbränningsvärmets $1900 / 0,058 \cdot 1000 = 33 \text{ kJ/g}$

Värde 2: 1250 kW vid tiden 380 s motsvarade en massavbrinning på 0,06 kg/s. Detta gav förbränningsvärmets $1250 / 0,06 \cdot 1000 = 21 \text{ kJ/g}$

Värde 3: 1250 kW vid tiden 370 s motsvarade en massavbrinning på 0,045 kg/s. Detta gav förbränningsvärmets $1250 / 0,045 \cdot 1000 = 28 \text{ kJ/g}$

Medelvärdet av dessa tre punkter för det effektiva förbränningsvärmets blir $\Delta H_{c,eff} = (33+21+28) / 3 = 27 \text{ kJ/g}$ vilket stämde väl överens med liknande försök [8].

Massa som förbränns

Skillnaden mellan kavajernas vikt före och efter branden var

$55,8 - 46,7 = 9,1 \text{ kg}$ vilket motsvarar ca 16 % av begynnelsevikten

$57,1 - 48,0 = 9,1 \text{ kg}$ vilket motsvarar ca 16 % av begynnelsevikten

$57,6 - 49,0 = 8,6 \text{ kg}$ vilket motsvarar ca 15 % av begynnelsevikten

Medelvärdet av dessa försök blev ca 16 % av kavajernas vikt som brann upp.

Frigjord energimängd

Detta leder till att $64 \text{ kg} \cdot 16 \% \cdot 27 \text{ MJ/kg} = 276,5 \text{ MJ}$ energi frigörs vid brand i ett ställ.

Den tiden det tar att förbränna materialet beräknas fram genom integration av αt^2 -ekvationen som beskriver effektutvecklingen, där α -värdet i vårt fall motsvara en så kallad *ultra-fast* brand med värdet $0,19 \text{ kW/s}^2$.

Integrationen blir $\int_0^t \alpha * t^2 = \frac{\alpha * t^3}{3}$ och ger ett uttryck för total energimängd under en given tid.

Ur ekvationen $\frac{\alpha * t^3}{3}$ beräknas tiden som det tar att förbränna 276,5 MJ.

I vårt fall tar det 163 sekunder, men tillväxtfasen övergår till en konstant nivå då effekten når 2 MW. Användningen av 2 MW grundar sig på försöket med kavajerna [7].

Första stället kan få en maxeffekt på 2 MW. Detta tar $t = \sqrt{2000/0,19} = 103$ sekunder. Under dessa 103 sekunder har det förbrukats $((0,19 \cdot 103^3) / 3 = 69,2$ MJ. Den resterande energin $276,5 \text{ MJ} - 69,2 \text{ MJ} = 207,3 \text{ MJ}$ förbränns med 2 MJ per sekund, vilket leder till en förbränningstid på 103 sekunder.

Brandspridning till närliggande ställ

De antaganden som gjorts är att materialen har en konvektiv avsvälning för att få så verklighetstroget resultat som möjligt och värmeledningen sker till ett halvoändligt material med en konstant yttre strålning samt att värmeövergångstalet, h , antas vara konstant vid beräkningarna. Värdet för h tas vid antändningstemperaturen och i detta värde ingår värmeövergången både för den konvektiva delen och för strålningsdelen. Formeln som använts är [19]

$$T_s - T_0 = \frac{\dot{q}''}{h} \left[1 - e^{h^2 t / k \rho c} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{h^2 t}{k \rho c}} \right]$$

där

T_s = temperatur vid antändning [K]

T_0 = begynnelsestemperatur [K]

$\dot{q}''$ = värmefflöde [W/m^2]

h = värmeövergångstal [W/Km^2]

$k \rho c$ = materialegenskaper [$\text{W}^2\text{s}/\text{m}^4\text{K}^2$]

erfc = den komplementära felfunktionen

t = tid till antändning [s]

De värden vi har utgått ifrån är följande:

$$T_s = 708 \text{ K}$$

$$T_0 = 293 \text{ K}$$

$$\dot{q}'' = 16,9 \cdot 10^3 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$h = 20 \text{ W}/\text{Km}^2$$

$$k \rho c = 2,5 \cdot 10^5 \text{ W}^2\text{s}/\text{m}^4\text{K}^2$$

Beräkningar av $\dot{q}''$ finns nedan och värdet $h = 20 \text{ W}/\text{Km}^2$ är hämtat från figur 6 [19]. Värdena för T_s , erfc och $k \rho c$ är från SFPE-handboken [16, tabell 2-13.2 och 2-14.2].

Genom beräkningar som finns i bilaga 2 blev tiden till antändning av ställ 2 och 3 35 sekunder.

Spridningen från ställ 1 sker åt två håll och teoretiskt sker detta samtidigt.

Bestämning av tid till brandspridning

Det finns två olika sätt att bestämma den strålningsintensitet som träffar en yta. Båda metoderna har testats och presenteras nedan.

Metod 1

Utgår från den effektutveckling som branden har, sedan beräknas en flamhöjd och utifrån denna en strålningsintensitet. För att korrigera för avstånd, storlek och sammansättning av flammorna antas ett emissionstal och en synfaktor beräknas.

Flamhöjd

$$l = 0,23 \cdot Q^{2/5} - 1,02 \cdot D$$

Antar att de brinnande jackorna bildar en rektangel. Medellängden på en jacka är 1 meter och stället där jackorna hänger är 2 meter långt.

Utgår från $Q = 100 \text{ kW}$ då en maximal effekt på 2000 kW är antagen [8].

D är en tänkt branddiameter och beräknas enligt nedan

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \text{brandarean}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2}{\pi}} = 1,6 \text{ m}$$

Flamhöjden blir

$$l = 0,23 \cdot 1000^{2/5} - 1,02 \cdot 1,6 = 2,0 \text{ meter.}$$

Genom att ansätta att flammorna är en vertikal rektangel kan nettostrålningen från en av rektangelns sida beräknas genom

$$E = \frac{Q_{\text{strålning}}}{\text{Area}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{\alpha \cdot Q_{\text{max}}}{l \cdot D} \quad [\text{kW/m}^2]$$

Utifrån värdet på flamhöjden och ovan antagen effektutveckling och diameter, samt antagandet att $\alpha = 0,35$ (andel av effekten som avges som strålning från den totala brandeffekten) beräknas E enligt följande

$$E = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,35 \cdot 1000}{2,0 \cdot 1,6} = 27,3 \text{ kW/m}^2$$

Hänsyn måste tas till avståndet mellan det brinnande föremålet och föremålet som träffas av strålningen. Detta görs genom att en så kallad synfaktor införs som är beroende av avståndet mellan de olika ytorna, den area som strålningen utgår ifrån och vinklarna mellan den mottagande arean av strålningen och den avgivande arean.

Ekvationen för den strålning som når fram till den nya ytan är

$$q_{\text{strålning}} = 4 \cdot E \cdot \phi \quad [\text{kW/m}^2]$$

Formeln är framtagen med avseende på halva flammhöjden och det givna avståndet mellan de olika ytorna. I scenariot med brand i garderoben är avståndet mellan varje ställ med jackor 1 meter.

Utifrån beräkningsmodeller och formler bestäms synfaktorn genom att dela upp den tänkta brandens flammor i 4 rektanglar med höjden 1 m och bredden 0,8 m [1].

Utifrån tabell 2.7 i Fire Dynamics [1] kan synfaktorn för varje rektangel bestämmas genom att beräkna ett S-värde som kvoten mellan längderna och ett α -värde som är längdernas produkt dividerat med avståndet mellan de olika ställen med jackor upphöjt till två. Dessa två värden jämförs sedan och man får ut en synfaktor.

$$S = 0,8/1,0 = 0,8$$

$$\alpha = (0,85 \cdot 1,0) / 1^2 = 0,8$$

$$\Phi = 0,12$$

Den totala strålningsintensiteten per yta blir då

$$\dot{q}''_{rad} = 4 \cdot 27,3 \cdot 0,12 = 13,1 \text{ kW} / \text{m}^2$$

Metod 2

Istället för att utgå från effekten som branden avger och räkna vidare, utgås ifrån den temperatur som flammen har. Genom att räkna med Stefan - Boltzmans ekvation som beskriver sambandet mellan total avgiven energi som strålning och temperaturen [1].

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4, \text{ W} / \text{m}^2$$

där

$$\phi = \text{synfaktor}$$

$$\varepsilon = \text{emissionstal}$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} (\text{W} / \text{m}^2 \text{K}^4)$$

$$T = \text{temperatur}(\text{K})$$

Synfaktorn, ϕ , bestäms av avståndet till ytan som träffas av strålningen och förhållandet mellan den strålade ytans sidor.

Utgår från samma värde som använts vid tidigare beräkningar, se metod 1.

Den totala synfaktorn för de fyra rektanglarna blir $\phi_{\text{total}} = 0,496$.

Emissionstal, ε , bestäms av mängden sot, koncentrationen av förbränningsprodukter, djupet och formen på flammen. Enligt Brandskyddshanboken sid 211, fig 16,3 [6] kan man läsa av emissionstalet som funktion av flamtjockleken. Denna graf är framtagen för trä.

Materialet i jackorna är av olika slag, men bomull och ylle är överrepresenterade. Dessa material anses likna fibrösa material och kan antas ha samma egenskaper som trä vid brand. Under vårt scenario antas flamtjockleken ligga på 80 cm. Detta antagande är grundat på att racket med jackor har denna bredd och det brinner på båda sidor.

Enligt grafen blir emissionstalet $\varepsilon = 0,55$.

Konstanten, σ är Stefan – Boltzmanns konstant

Temperaturen, T , är i Kelvin och en dubbling av temperaturen ger 16 ggr större strålning. Utgår ifrån en temperatur på 750 °C. Denna temperatur är relativt låg, men grundar sig på att mängden sot i flamman kommer vara hög och sänker på så sätt temperaturen.

$\dot{q}''$ blir med dessa utgångsvärden 16,9 kW/m²

Slutsats

Att använda metoden med flamtemperaturen är det mest lämpliga sättet, eftersom det finns färre osäkerhetsfaktorer i denna beräkningsgång.

I vidare beräkningar bortses ifrån det strålningstillskott som skulle komma från de varma brandgaserna som bildas. Detta antagande grundas på att den medeltemperatur som finns i brandgaslagret är avsevärt lägre än temperaturen som flamman har, samt att synfaktorn från det strålande lagret blir låg då jackorna hänger vinkelrätt mot brandgaslagret.

Bilaga 3 – Optisk rökpotential i ARGOS

Den optiska rökpotentialen har beräknats för att användas vid simuleringen i ARGOS. Rökpotentialen har beräknats i dB/m = ob.

I ARGOS används rökpotentialen, S_0 :

$$S_0 = D_{0,10\log} \cdot \frac{\Delta H_{air}}{\Delta H_{eff}} \cdot \rho_0$$

$D_{0,10\log}$ = rökpotential, beroende på mängden förbränt material [ob m³/g]

ΔH_{air} = energimängd per massa förbrukad luft = 3000 [kJ/kg]

$\Delta H_{mat} = \Delta H_{eff}$ = effektiva förbränningsvärmets [kJ/kg]

ρ_0 = densitet för luft = 1200 [g/m³]

$D_{0,10\log}$ kan avläsas i litteraturen och i detta fall värdet 1,5 ob m³/g. [16].

ΔH_{eff} är tidigare bestämt i samband med framtagningen av den dimensionerande brandeffekten, $\Delta H_{eff} = 27000$ kJ/kg.

$$\Rightarrow S_0 = 1,5 \frac{ob \cdot m^3}{g} \cdot \frac{3000 \text{ kJ} / \text{kg}}{27000 \text{ kJ} / \text{kg}} \cdot 1200 \frac{g}{m^3} = 200 \text{ ob}$$

Utifrån detta används värdet på 200 dB/m för rökpotentialen i ARGOS.

Bilaga 4 – Beräkningar för brand i teknikerplats

Som utgångspunkt vid beräkningarna används figur 4 och 5 i Office work station heat release rate study [7].

Teknikerplatsen liknar en arbetsbänk med tre sidor och tillväxtfasen följer en medium α - t^2 -brand med maximala effekten enligt figur 4 på 3,5 MW.

Tiden det tar att nå en maximal effekt på 3,5 MW med ett $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$

$$\text{blir } t = \sqrt{\frac{Q}{\alpha}} = \sqrt{\frac{3500}{0,012}} = 540 \text{ sekunder, det vill säga 9 minuter.}$$

Genom integrering av figur 5 i rapporten fås den totala energin som förbränns. Detta görs i tre steg; tillväxtfas från tiden 0 - 540 s, konstant avbrinningsfas från 540 s – 650 s och en avsvlningsfas från 650 s - 1200 s. Tillväxtfasen antas vara en α - t^2 brand med ett α -värde på $0,012 \text{ kW/s}^2$ och avsvlningsfasen antas likna en långsam α - t^2 brand med ett α -värde på $0,003 \text{ kW/s}^2$.

Efter summering av ovanstående integreringar blir den totala förbränningsenergin 1180 MJ. Vid jämförelse med värden från Brandskyddshandboken [6] över total brandbelastning i kontorslokaler blir effektiviteten 19 % med ovanstående approximation.

Bilaga 5 – FDS-simulering

Beskrivning av modellen

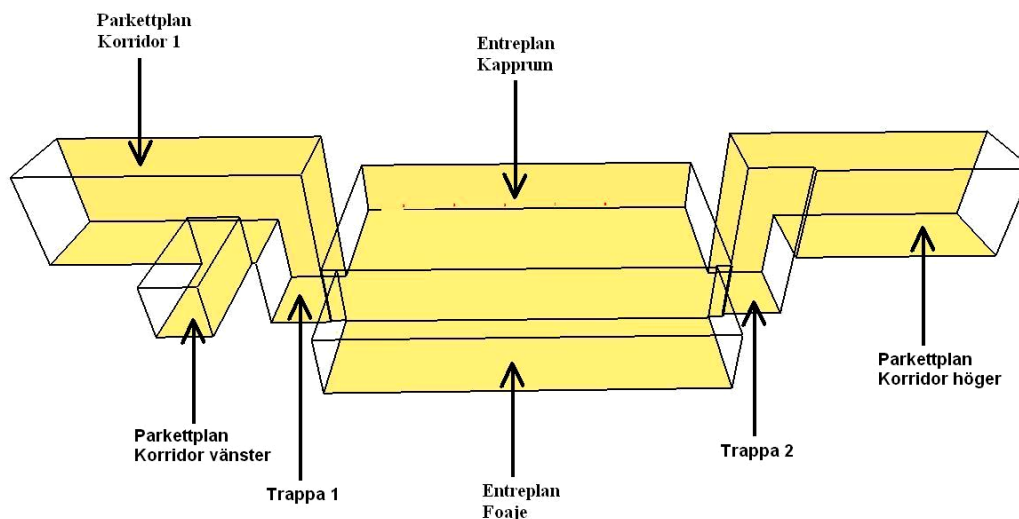
FDS kan endast räkna med rätvinkliga geometrier. Både rum och korridorer har därför modellerats som fyrkantiga rum men med samma area. Då lutande tak och golv är mycket tidskrävande att modellera har detta endast gjorts för kapprummet och inte vid exempelvis trapphusen. För att förkorta beräkningstiden har det konservativa antagandet att alla ytor är adiabatiska gjorts.

Branden är modellerad som en skiva med en effekt motsvarande effektutvecklingskurvan som beräknats vid framtagningen av effektutvecklingskurva för garderoben, se kapitel 7.1.2.

Brandspridning behandlas ej i FDS-simuleringen.

Följande rum har tagits med i modellen: Kapprummet (110), foajén (100), trappor från kapprum till korridorer på parkettplan, korridorer på parkettplan (211 och 212), den lilla korridoren (203) till ovala rummet på parkettplan, se figur 7.

Dörrar mellan kapprum och foajén är ej täta och har därför ej tagits med.



Figur 7: Skiss över rum i FDS-modellen

Sprinklerna togs endast med för att undersöka aktiveringstiden. Parametrar för vattnet (tryck, flöde och droppstorlek mm) är därför inte helt korrekt inmatade.

Se bilaga 13 för indata.

Simulering

Scenariot simulerades med två cellindelningar. Ett grovt nät med 98 680 celler och ett fint nät med 773 960 celler. Det grova nätet simulerades två gånger, en gång med sprinkler (Grid 1.0) och en gång utan (Grid 1.1). Det fina nätet (Grid 2.0) simulerades med sprinkler.

Simuleringstiden var 600 sekunder för Grid 1.0 och 1.1. Grid 2.0 stoppades efter 267 sekunder.

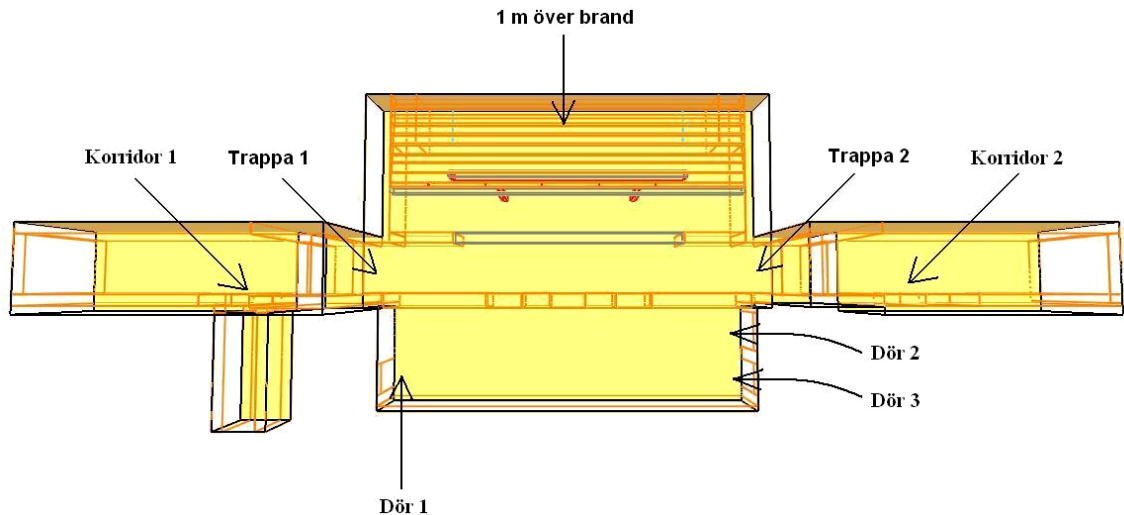
Då det är mycket tidskrävande utfördes ingen känslighetsanalys med FDS i denna rapport.

Utdata

FDS kan programmeras till att beräkna i stort sätt allt, men här har vi endast lagt vikt på de parametrar som är relevanta för kritiska förhållanden. Strålning och toxicitet simulerades inte.

Punkter

Med kommandot THCP XYZ mäts temperatur, sikt och brandgaslagerhöjd i en godtycklig punkt som funktion av tiden. Höjden för temperatur och sikt sattes till $1,6+0,1*H = 1,85$ m. Placering av mätpunkter visas i figur 8.



Figur 8: Placering av mätpunkter

Snitt

Med SLCF PBX och SLCF PBY beräknas temperatur, sikt och brandgaslagerhöjd i ett snitt genom hela modellen som funktion av tiden. Resultatet kan visas som en bild eller animation där färgerna anger värdena.

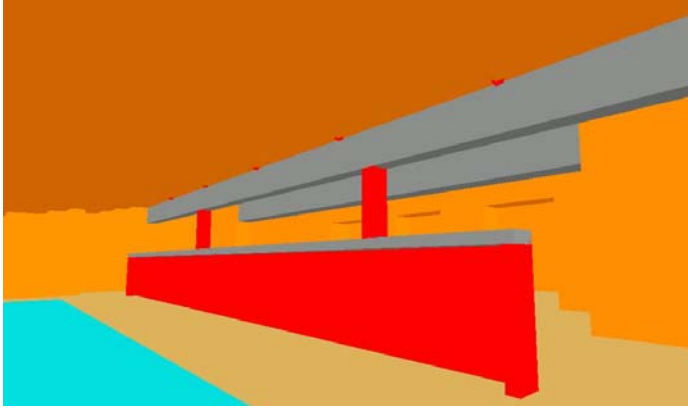
3D-grafik

Med ISO F kan en på förhand definierad temperatur eller sikt visas som bild eller animation i tre dimensioner som funktion av tiden.

Sprinkler

Sprinklerbulbernas temperatur som funktion av tiden beräknas med funktionen SPRK XYZ. Sprinklernas data läses från en separat fil av typen "namn".spk.

Placeringen av sprinklerna ses i figur 9 som de röda markeringarna uppe under taket. Den illustrerade höjden i förhållande till taket är inte korrekt. Det beror på programmets uppdelning i celler, som inte alltid passar med geometrin. Det turkosa fältet i nedre vänstra hörnet visar brandens yta.



Figur 9: Placering a sprinkler

Resultat

För att reducera mängden data har vikten i följande avsnitt lagts på att studera temperaturen.

Utifrån datafilerna kan tiden till överskridning av kritiska förhållanden för temperatur, sikt och brandgaslagerhöjd i mätpunkterna observeras. Dessutom finns diagram för temperaturen i sprinklerbulberna och den omgivande luften uppmätta som funktion av tiden.

Grid 1.0

Kommentarer:

Sprinklerna utlöser

Mindre fel i geometrin

Punkt	Temperatur	Sikt	Brandgaslagerhöjd
Gränsvärden	80 °C	10 m	1,85 m
Trappa 1	6	6	6
Trappa 2	6	6	7
Dörr 1	17	12	12
Dörr 2	18	10	10
Dörr 3	18	10	10

Tabell 11: Tid till kritiska förhållanden. Tider i sekunder.

	Sprk 1	Sprk 2	Sprk 3	Sprk 4	Sprk 5	Medel
Bulb [s]	11	10	12	11	10	11
Gas [°C]	281	370	500	401	309	367

Tabell 12: Tid till sprinklerbulber när aktiveringstemperaturen 68 °C och luftens temperatur vid samma tid

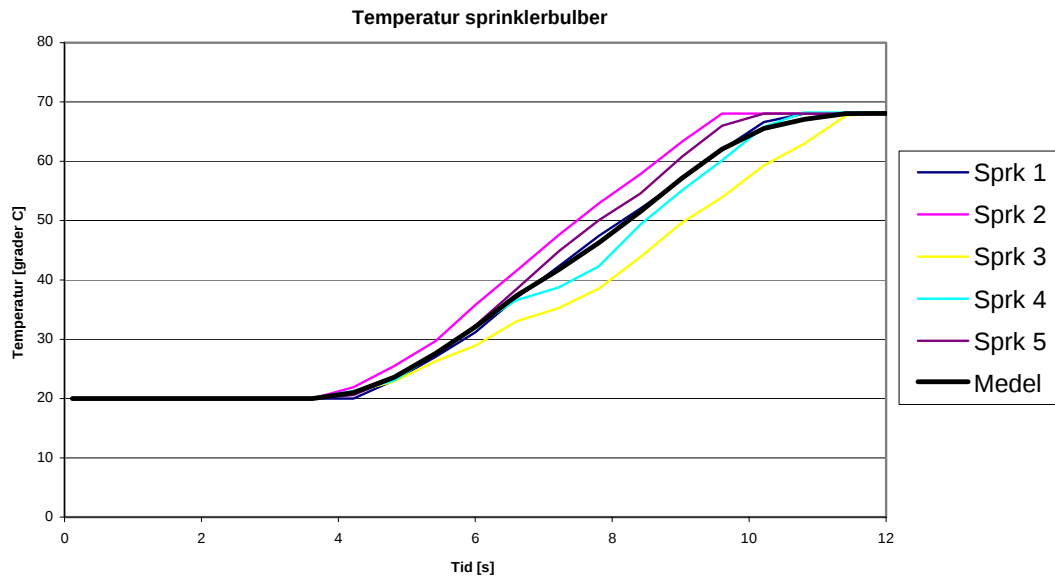


Diagram 15: Grid 1.0 Sprinklerbulbernas temperatur

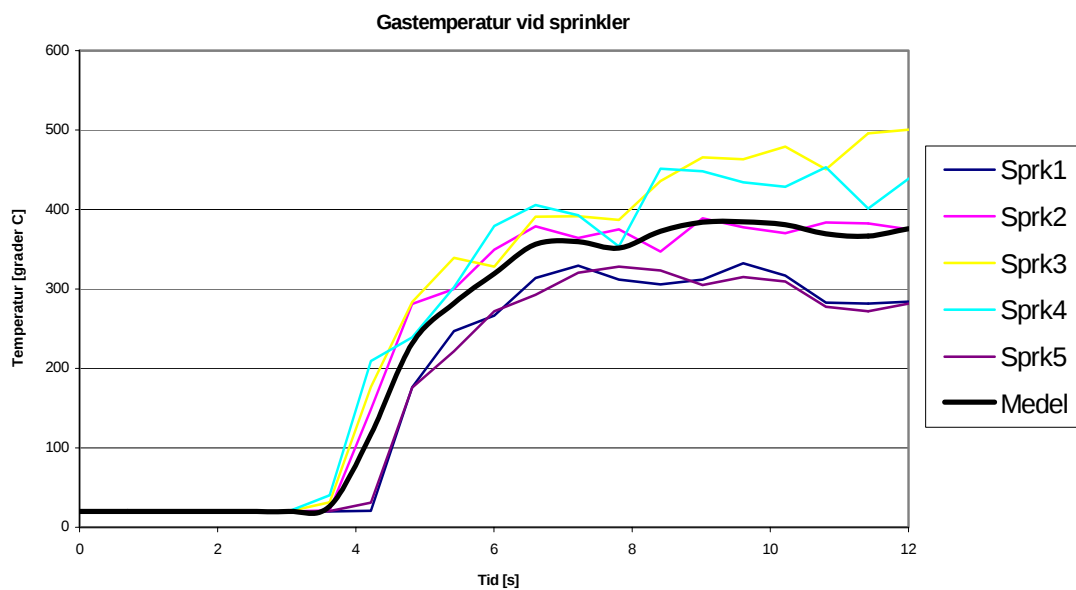


Diagram 16: Grid 1.0 Gastemperatur vid sprinklerna

Grid 1.1

Kommentarer:

Sprinklerna aktiveras ej

Geometriska fel rättade

Punkt	Temperatur		Sikt	Brandgaslagerhöjd
	Gränsvärde	80 °C		
Trappa 1		7	6	7
Trappa 2		7	6	7
Dörr 1		15	11	11
Dörr 2		17	10	10
Dörr 3		16	10	10

Tabell 13: Tid till kritiska förhållanden. Tider i sekunder

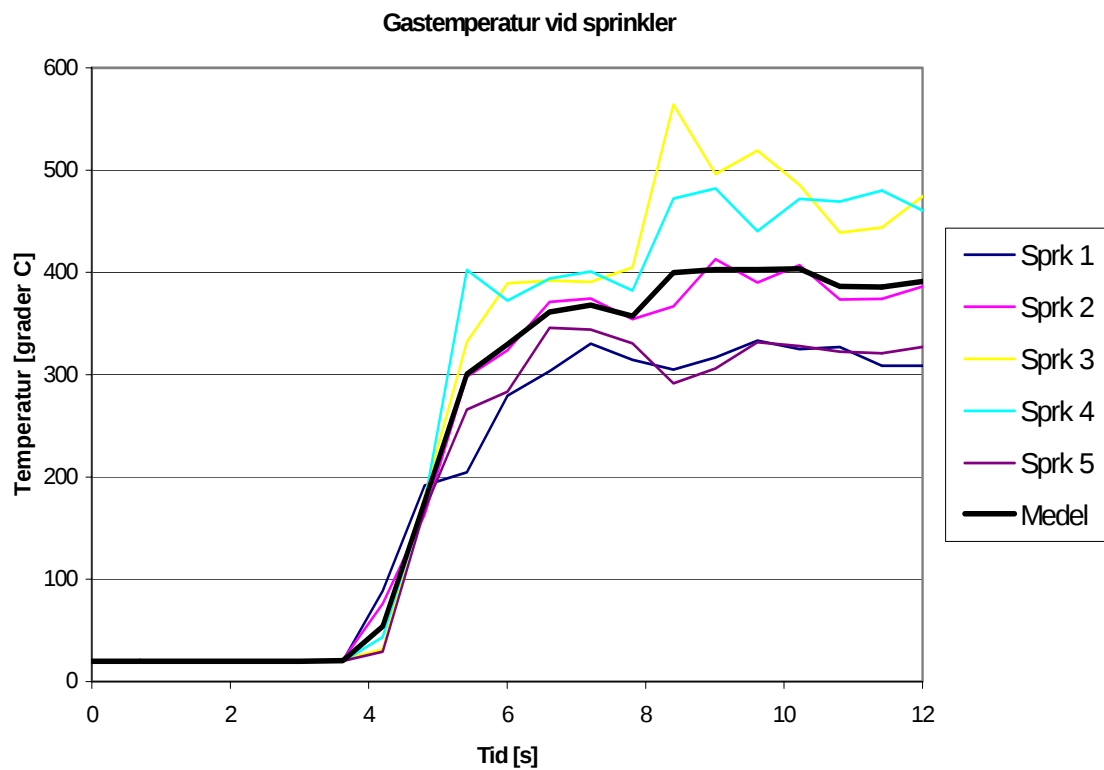


Diagram 17: Grid 1.0 Gastemperatur vid sprinklerna

Grid 2

Kommentarer:

Sprinklerna aktiverar
Mindre fel i geometrin

Punkt	Temperatur	Sikt	Brandgaslagerhöjd
	Gränsvärde	80 °C	10 m
			1,85 m
Trappa 1	5	5	6
Trappa 2	6	6	6
Dörr 1	16	12	12
Dörr 2	19	12	12
Dörr 3	16	10	11

Tabell 14: Tid till kritiska förhållanden. Tid i sekunder.

	Sprk 1	Sprk 2	Sprk 3	Sprk 4	Sprk 5	Medel
Bulb	15	9	8	8	9	15
Gas	224	310	435	431	266	313

Tabell 15: Tid till sprinklerbulberna når aktiveringstemperaturen 68 °C och luftens temperatur till samma tid

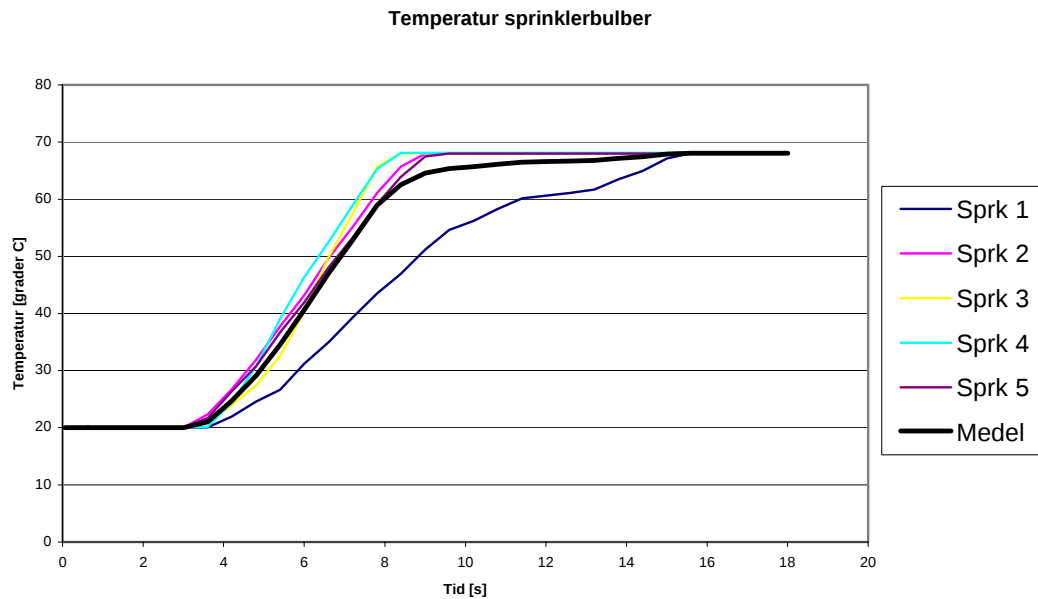


Diagram 18: Grid 2 Sprinklerbulbernas temperatur

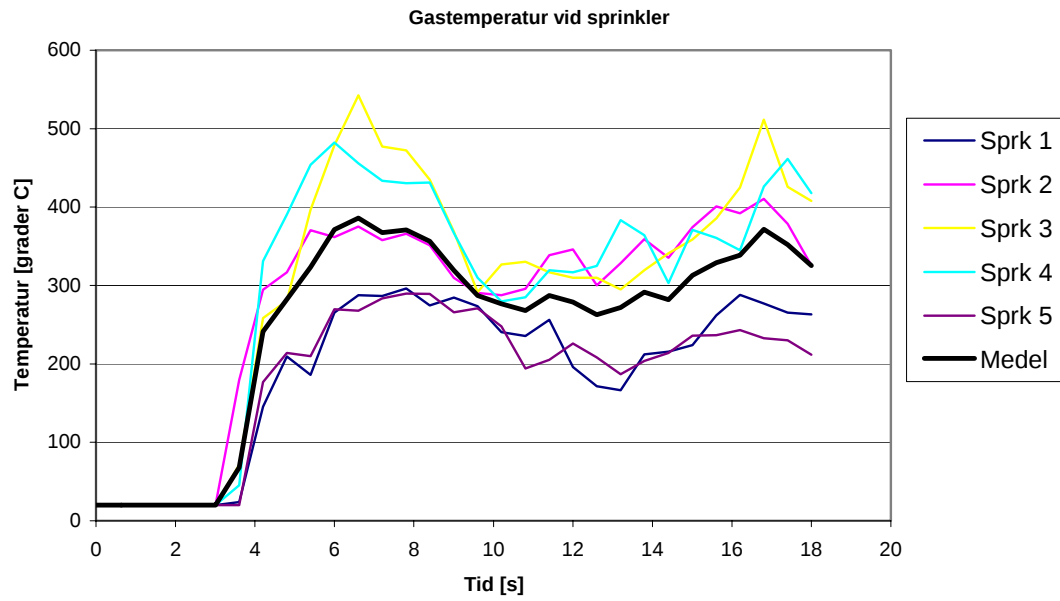
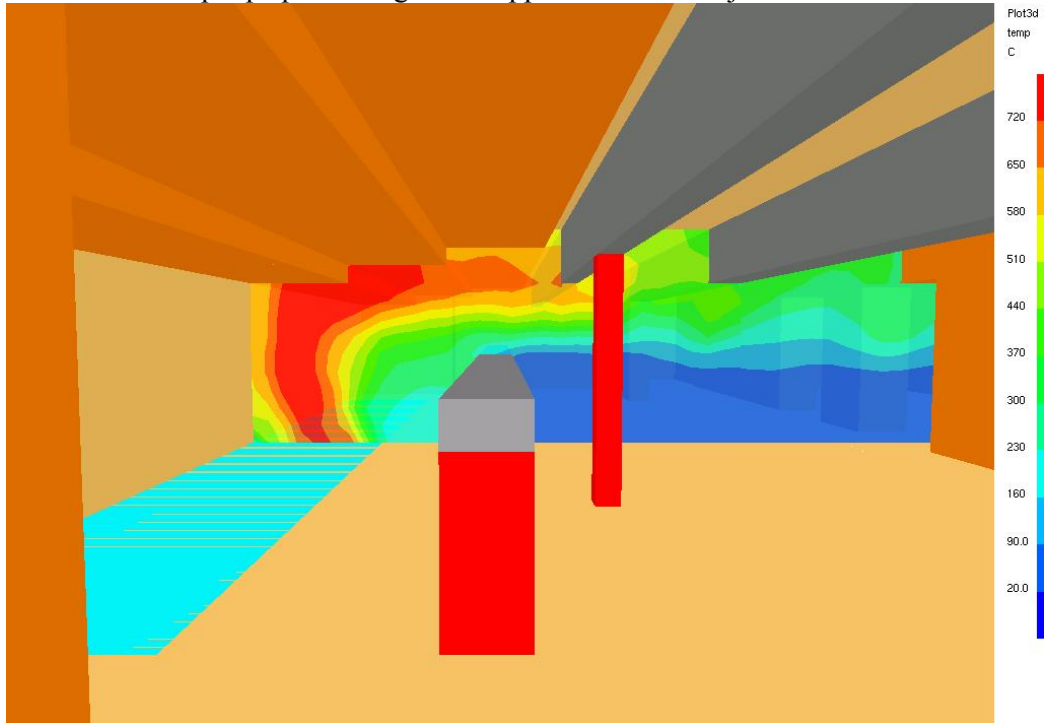
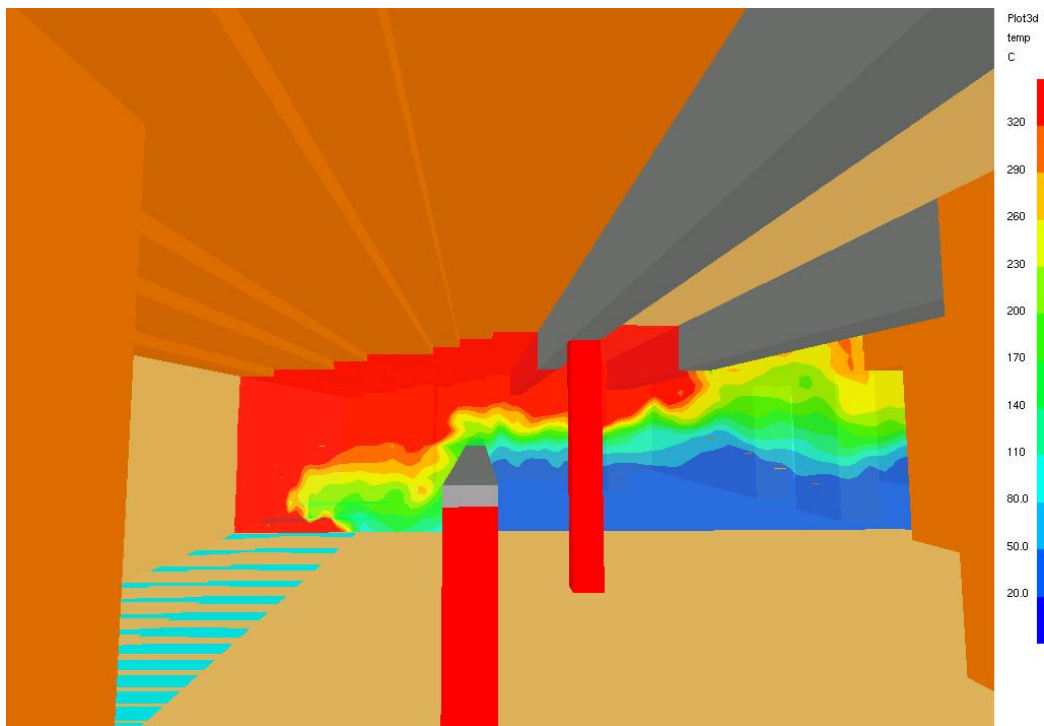


Diagram 19: Grid 2 Gastemperatur vid sprinklerna

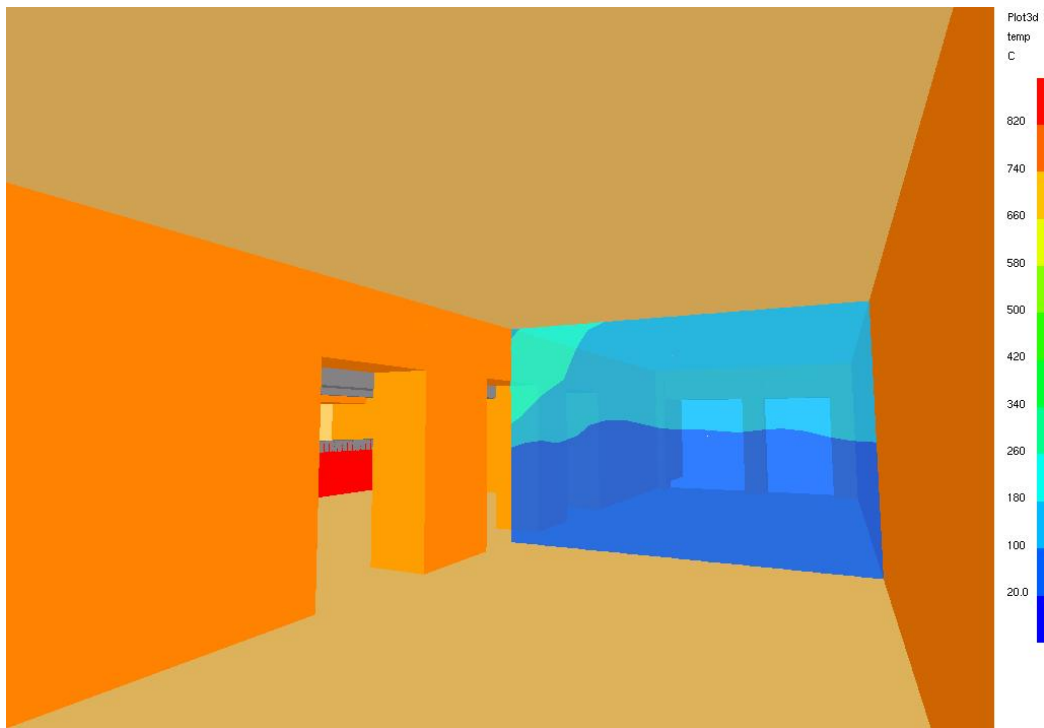
Nedan ses exempel på plot3D-figurer i kapprummet och foajén.



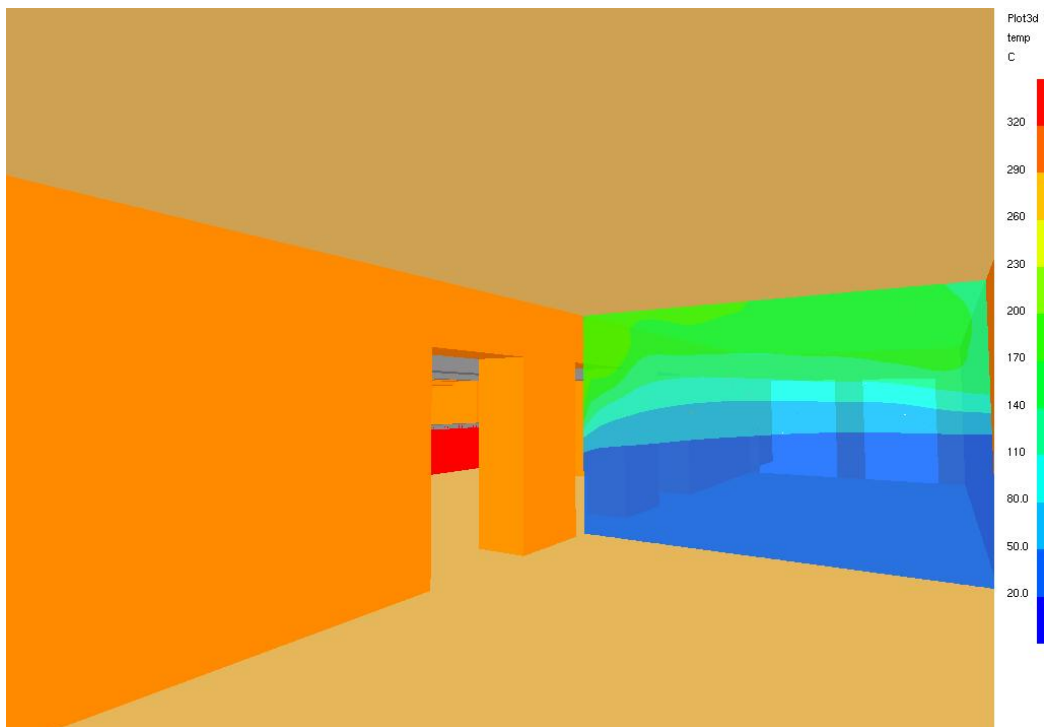
Figur 10: Grid 1.0 Temperaturfördelning i kapprummet till $t = 30$ s



Figur 11: Grid 2 Temperaturfördelning i kapprum $t = 30$ s



Figur 22: Grid 1.0 Temperaturfördelning i foajén till $t = 30$ s



Figur 33: Grid 2 Temperaturfördelning i foajén $t = 30$ s

Bilaga 6 – Känslighetsanalys av simulering

Brand i garderob

Två olika simuleringar av brand i garderoben har gjorts i ARGOS, en där tid till kritiska förhållanden i foajén studeras och en där tid till kritiska förhållanden i korridorerna på parkettplan på vardera sida om salongen studeras. Ingen känslighetsanalys för ändring av maximala effekten utförs eftersom detta inte påverkar tiden till kritiska förhållanden. Maximala effekten påverkar endast brandens storlek, inte tiden till kritiska förhållanden som är beroende av tillväxthastigheten. Med andra ord kommer personerna att ha lika lång tid på sig att utrymma lokalen vid en större brand jämfört med den dimensionerande branden, däremot kommer den större branden ge svårare skador på byggnaden (se övriga känslighetsanalyser nedan).

Kritiska förhållanden i korridorerna

Varierande tillväxthastigheter

Känslighetsanalyser har gjorts där brandens tillväxthastighet ändrats från *ultra fast* som gäller för den dimensionerande branden till den långsammare hastigheten *fast*. Resultaten redovisas i tabell 16 där tid till kritiska förhållanden anges.

Vid försök att lägga in en snabbare tillväxthastighet än den som används vid den dimensionerande branden, det vill säga snabbare än *ultra fast*, sker övertändning i garderoben vilket ger opålitliga värden i ARGOS. Därför har ingen känslighetsanalys gjorts för detta fall.

Brand-scenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Känslighetsanalys, Fast	Kapprum	120	138	75	113
	Trappa höger	156	253	114	77
	Trappa vänster	144	205	149	77
	Korridor höger	Inträffar ej	Inträffar ej	203	120
	Korridor vänster	180	Inträffar ej	148	117
Dimensionerande brand, Ultra fast	Kapprum	78	85	48	Inträffar ej
	Trappa höger	132	172	77	53
	Trappa vänster	126	137	102	53
	Korridor höger	Inträffar ej	Inträffar ej	132	84
	Korridor vänster	120	Inträffar ej	99	82

Tabell 16: Känslighetsanalys

Resultat

Vid den långsammare tillväxthastigheten, *fast*, nås kritiska förhållanden senare än vid den dimensionerande branden som har hastigheten *ultra fast*. Kortaste tid till kritiska förhållanden i korridorerna inträffar vid 117 sekunder då sikten når sitt kritiska värde.

Kritiska förhållanden i foajén**Varierande tillväxthastigheter**

Känslighetsanalyser har gjorts där brandens tillväxthastighet ändrats från *ultra fast* som gäller för den dimensionerande branden till den långsammare hastigheten *fast*. Resultaten redovisas i tabell 17 där tid till kritiska förhållanden anges.

Vid försök att lägga in en snabbare tillväxthastighet än den som används vid den dimensionerande branden, det vill säga snabbare än *ultra fast*, sker övertändning i garderoben vilket ger opålitliga värden i ARGOS. Därför har ingen känslighetsanalys gjorts för detta fall.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Dimensionerande brand, Ultra fast	Kaprum	78	84	48	105
	Foajé	120	Inträffar ej	99	Inträffar ej
	Trappa Vänster	108	Inträffar ej	78	51
	Trappa Höger	99	138	78	51
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	84
Känslighetsanalys, Fast	Kaprum	126	138	72	114
	Foajé	174	Inträffar ej	138	108
	Trappa Vänster	174	Inträffar ej	114	78
	Trappa Höger	150	210	114	78
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	120

Tabell 17: Känslighetsanalys

Resultat

Anledningen till att foajén rökfylls vid den långsammare branden är att brandgaslagret bildas senare och brandgaserna blandas runt i hela rummet istället för att lägga sig som ett brandgaslager i taket.

Varierande ventilationsförhållanden

Känslighetsanalys har gjorts då dörrarna mellan kapprummet och foajén som vid den dimensionerande branden är stängda istället hålls öppna. Resultaten redovisas i tabell 18.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Dimensionerande brand, dörrar stängda	Kapprum	78	84	48	105
	Foajé	120	Inträffar ej	99	Inträffar ej
	Trappa Vänster	108	Inträffar ej	78	51
	Trappa Höger	99	138	78	51
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	84
Känslighetsanalys, dörrar öppna	Kapprum	84	90	48	120
	Foajé	108	Inträffar ej	99	Inträffar ej
	Trappa Vänster	108	168	81	54
	Trappa Höger	102	Inträffar ej	81	54
	Korridor vänster	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	84

Tabell 18: Känslighetsanalys

Resultat

Resultatet i foajén är att förhållandena ej förändras nämnvärt beroende på om dörrarna är öppna eller stängda. Detta beror på att dessa dörrar är mycket otäta och släpper igenom stora mängder brandgaser.

Brand på scen

Varierande maximal effekt

Känslighetsanalys har gjorts både med en ökning och en minskning av den maximala effekten. Den dimensionerande branden har en maximal effekt på 10MW och känslighetsanalys har gjorts med 8 samt 12MW. Resultat redovisas i tabell 19 nedan där tid till kritiska förhållanden anges.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Känslighetsanalys, brand 8 MW	Scen	320	507	367	170
	Parkett	404	Inträffar ej	375	Inträffar ej
	Galleri	658	Inträffar ej	326	319
Dimensionerande brand, 10MW	Scen	320	474	366	174
	Parkett	404	Inträffar ej	375	Inträffar ej
	Galleri	658	Inträffar ej	327	319
Känslighetsanalys, brand 12MW	Scen	322	473	370	173
	Parkett	404	734	375	Inträffar ej
	Galleri	660	Inträffar ej	329	319

Tabell 19: Känslighetsanalys

Resultat

Eftersom endast den maximala effekten varierar i detta fall påverkas endast brandens storlek, inte tiden till kritiska förhållanden som är beroende av tillväxthastigheten. Med andra ord kommer personerna att ha lika lång tid på sig att utrymma lokalen jämfört med den dimensionerande branden, däremot kommer branden ge större skador på byggnaden vid en brand på 12MW. Eftersom endast ett fåtal personer som antas ha god lokalkännedom vistas på scen är det inte i huvudsak tiden till kritiska förhållanden i detta rum som är intressanta, utan snarare tiderna på parkett- och galleriplan. Den tid som används som kritiska tid för att jämföra med tiden det tar för personerna att utrymma är 319 sekunder, vilket är den tid det tar innan sikten är 10 meter. Detta inträffar på galleriplan både vid den dimensionerande branden samt vid branden på 8 MW. Resultatet från Simulex för utrymning av lokalen blev 239 sekunder, detta är en kortare tid än tiden till kritiska förhållanden, alltså har ändringen av den maximala effekten ingen inverkan på personsäkerheten.

Varierande tillväxthastigheter

Känslighetsanalyser har gjorts där brandens tillväxthastighet ändrats från *fast* som gäller för den dimensionerande branden till den snabbare hastigheten *ultra fast* samt den långsammare hastigheten *medium*. Resultaten redovisas i tabell 20 där tid till kritiska förhållanden anges.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Känslighetsanalys, Medium	Scen	612	850	666	280
	Parkett	720	Inträffar ej	674	554
	Galleri	1020	Inträffar ej	610	592
Dimensionerande brand, Fast	Scen	320	474	366	174
	Parkett	404	Inträffar ej	375	Inträffar ej
	Galleri	658	Inträffar ej	327	319
Känslighetsanalys, Ultra fast	Scen	180	275	202	110
	Parkett	230	Inträffar ej	207	Inträffar ej
	Galleri	330	Inträffar ej	188	Inträffar ej

Tabell 20: Känslighetsanalys

Resultat

Vid den snabbare tillväxthastigheten, *ultra fast*, nås kritiska förhållanden snabbare än vid den dimensionerande branden som har hastigheten *fast*.

Som tidigare studeras endast förhållandena på parkett- och galleriplan. Kortaste tid till kritiska förhållanden gäller för *ultra fast*-branden och inträffar vid 188 sekunder då rökgaslagret sjunkit till en kritisk höjd. Tid för utrymning enligt Simulex blev 239 sekunder, det vill säga förhållandena blir kritiska innan alla personer hunnit utrymma. Åtgärder måste vidtagas för att utrymning ska vara

Varierande ventilationsförhållanden

Känslighetsanalys har gjorts då rökgasluckorna som öppnas vid den dimensionerande branden istället hålls stängda. Resultaten redovisas i tabell 21.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning, 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Känslighetsanalys, rökgasluckor stängda	Scen	300	455	342	170
	Parkett	390	Inträffar ej	352	Inträffar ej
	Galleri	480	Inträffar ej	321	Inträffar ej
Dimensionerande brand, brandgas- luckor öppna	Scen	320	474	366	174
	Parkett	404	Inträffar ej	375	Inträffar ej
	Galleri	658	Inträffar ej	327	319

Tabell 21: Känslighetsanalys

Resultat

Effekten vid öppna rökgasluckor blir något större men det tar längre tid innan kritiska förhållanden uppnås. Eftersom byggnadens rökgasluckor är förhållandevis små påverkas inte branden i någon större grad av att luckorna hålls stängda. Dessutom dröjer det lång tid innan luckorna öppnas vid den dimensionerande branden eftersom öppningen sker manuellt, vilket gör att skillnaden mellan öppna och stängda luckor blir mindre.

Brand i teknikerplats**Varierande maximal effekt**

Känslighetsanalys har gjorts både med en ökning och en minskning av den maximala effekten trots att en ändring av den maximala effekten enligt den första analysen troligen inte påverkar tiden till utrymning. Den dimensionerande branden har en maximal effekt på 3,5 MW och känslighetsanalys har gjorts med 2,8 samt 4,2 MW. Resultat redovisas i tabell 22 nedan där tid till kritiska förhållanden anges.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Dimensionerande brand 3,5 MW	Bakre parkett	390	405	420	240
	Främre parkett	435	645	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465
Känslighetsanalys brand 4,2 MW	Bakre parkett	390	390	420	240
	Främre parkett	435	600	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465
Känslighetsanalys brand 2,8 MW	Bakre parkett	390	405	420	240
	Främre parkett	435	780	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465

Tabell 22: Känslighetsanalys

Resultat

Variationen av den maximala effekten ger inga större ändringar för de kritiska förhållandena i detta scenario. Det enda undantaget är att värmestrålningen från rökgaslagret blir högre vid en ökad maximal effekt. Då detta sker först efter 10,5 minuter kan det inte ses som relevant ur personsäkerhetssynpunkt. Det är dock möjligt att strålningen i bakre parkett blir kritisk vid en större ändring av effekten än 20 %.

Med andra ord kommer personerna att ha lika lång tid på sig att utrymma lokalen jämfört med den dimensionerande branden, däremot kommer branden ge större skador på byggnaden vid en brand på 4,2 MW. Den kritiska tiden som används för att jämföra med tiden det tar för personerna att utrymma är 195 sekunder för parkettplan och 300 sekunder för galleriplan, vilket är de tider det tar innan sikten är 10 meter. Dessa jämförs med resultaten från utrymningsberäkningarna som ger en total utrymningstid på 164 respektive 222 sekunder. Tiderna till kritiska förhållanden ändras ej när den maximala effekten ändras, alltså har ändringen ingen inverkan på personsäkerheten.

Varierande tillväxthastigheter

Känslighetsanalyser har gjorts där brandens tillväxthastighet ändrats från *medium* som gäller för den dimensionerande branden till den snabbare hastigheten *fast* samt den långsammare hastigheten *slow*. Resultaten redovisas i tabell 23 där tid till kritiska förhållanden anges.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Dimensionerande brand 0,012 kW/s ² (medium)	Bakre parkett	390	405	420	240
	Främre parkett	435	645	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465
Känslighetsanalys brand 0,047 kW/s ² (fast)	Bakre parkett	195	195	240	195
	Främre parkett	240	405	225	120
	Galleri	330	Inträffar ej	180	165
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	270
Känslighetsanalys brand 0,003 kW/s ² (slow)	Bakre parkett	720	825	720	375
	Främre parkett	750	1080	705	300
	Galleri	900	Inträffar ej	660	540
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	765

Tabell 23: Känslighetsanalys

Resultat

Tillväxthastigheten har stor inverkan på rökgaslagrets höjd och på sikten i rummen. Vid en ändring från *medium* till *fast* minskar exempelvis rökgaslagrets höjd med 42-50 %. Det kan observeras att kritiska förhållanden först uppstår på galleriplan, därefter på främre parkett och sist på bakre parkett.

Sikten i rummen ändras också väsentligt. Den största förändringen märks på galleriplan där tiden till kritiska förhållanden minskar med 45 %. Det är dock på främre parkett sikten är sämst, vid en *fast*-brand uppstår kritiska förhållanden redan efter 120 sekunder.

I ovala rummet medför ändringen av tillväxthastighet inte några kritiska förhållanden.

Kortaste tid till kritiska förhållanden gäller för *fast*-branden och inträffar vid 120 sekunder på bakre parkettplan och vid 165 sekunder på galleriplan. Tid för utrymning enligt Simulex blev 164 sekunder på parkettplan och 222 sekunder på galleriplan, det vill säga förhållandena blir kritiska innan alla personer hunnit utrymma.

Varierande ventilationsförhållanden

Fall 1: Dörrar på parkettplan öppna

Känslighetsanalys har gjorts då dörrarna på parkettplan som vid den dimensionerande branden är stängda istället hålls öppna. Resultaten redovisas i tabell 24.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Dimensionerande brand, stängd	Bakre parkett	390	405	420	240
	Främre parkett	435	645	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465
Känslighetsanalys, öppen	Bakre parkett	405	405	390	240
	Främre parkett	450	Inträffar ej	420	195
	Galleri	600	Inträffar ej	375	315
	Ovala rummet	495	Inträffar ej	480	300

Tabell 24: Känslighetsanalys

Resultat

Öppningen av dörrar har viss inverkan på de kritiska förhållandena. Vid öppning av dörrarna på parkettplan försämrar sikten i ovala rummet medan den blir lite bättre på galleriplan. Dessutom blir höjden på rökgaslagret kritisk i ovala rummet medan den knappt ändras i övriga rum.

Fall 2: Dörrar på galleriplan öppna

Känslighetsanalys har gjorts då dörrarna på galleriplan som vid den dimensionerande branden är stängda istället hålls öppna. Resultaten redovisas i tabell 25.

Brandscenario	Tid till kritiska förhållanden (s)				
	Rum	Temperatur 80 °C	Strålning 2,5 kW/m ²	Brandgaslager 1,6 m + 0,1H	Sikt 10 m
Dimensionerande brand, stängd	Bakre parkett	390	405	420	240
	Främre parkett	435	645	390	195
	Galleri	540	Inträffar ej	360	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	465
Känslighetsanalys, öppen	Bakre parkett	390	405	315	240
	Främre parkett	435	645	420	195
	Galleri	540	Inträffar ej	345	300
	Ovala rummet	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej	Inträffar ej

Tabell 25: Känslighetsanalys

Resultat

När dörrarna på galleriplan öppnas fås bättre sikt i ovala rummet medan den i stort sett är oförändrad i de andra rummen. Samtidigt sjunker rökgaslagret snabbare på bakre parkett.

Bilaga 7 – Känslighetsanalys Simulex

Vid alla simuleringarna i Simulex har det antagits att salongen varit fullsatt vilket är ett konservativt antagande. Den dimensionerande persontypen som använts vid simuleringarna har varit "Japan: theatre" som har motsvarar en normal teaterpublik. Vid känslighetsanalysen har andra persontyper testats, dessa är "kontorspersonal", "skolklass" och "äldre".

Känslighetsanalysen har gjorts både då teatern är fullsatt, det vill säga med 254 personer, och då den är halvfull med 127 personer.

Brand i garderoben

Resultatet från känslighetsanalysen visas i tabell 26 nedan.

	Förflyttningstid (s)			
	Utrymning via alla utrymningsvägar		Utrymning endast via de två bakre utrymningsvägarna	
	Halvfull teater	Fullsatt teater	Halvfull teater	Fullsatt teater
Dimensionerande persontyp	96	146	160	267
Kontorspersonal	87	124	132	218
Skolklass	118	163	186	302
Äldre	135	218	223	378

Tabell 26: Känslighetsanalys Simulex

Brand i teknikerplats

Resultatet från känslighetsanalysen redovisas i tabell 27

	Förflyttningstid (s)			
	Utrymning av parkettplan		Utrymning av galleriplan	
	Halvfull teater	Fullsatt teater	Halvfull teater	Fullsatt teater
Dimensionerande persontyp	69	109	83	119
Kontorspersonal	54	88	73	102
Skolklass	83	121	102	138
Äldre	98	147	138	181

Tabell 27: Känslighetsanalys Simulex

Brand på scen

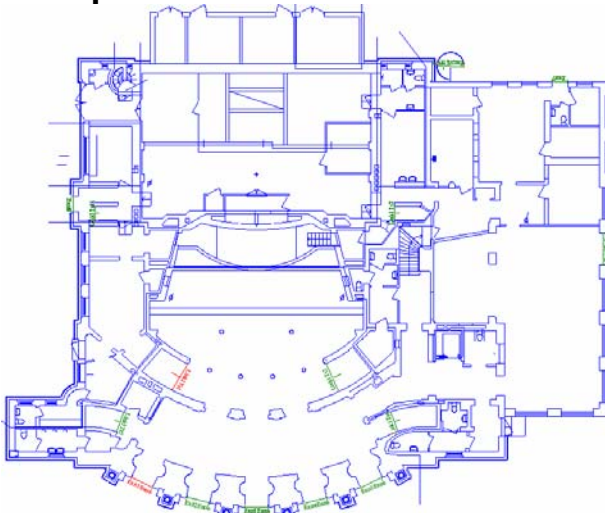
Resultatet redovisas i tabell 28

	Förflyttningstid (s)	
	Halvfull teater	Fullsatt teater
Dimensionerande persontyp	83	119
Kontorspersonal	73	104
Skolklass	103	150
Äldre	133	182

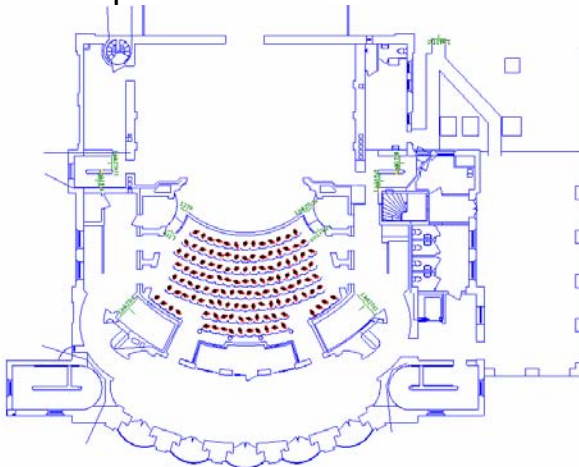
Tabell 28: Känslighetsanalys Simulex

Bilaga 8 – Simuleringar i Simulex

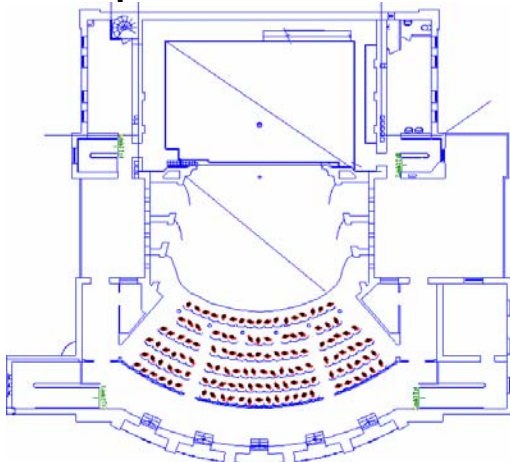
Entréplan



Parkettplan



Galleriplan



Bilaga 9 – Handberäkningar

För att kontrollera och verifiera att utrymning kan ske innan kritiska förhållanden har uppstått har handberäkningar gjorts. De beräkningar som är gjorda är förenklade beräkningar för brandgaslagrets temperatur, siktbestämning och kritisk nivå för brandgaslagret. Dessa fungerar även som en kontroll av ARGOS.

Den kritiska strålningen har inte beräknats då denna är mer kritisk vid ventilationskontrollerad brand och antas ej uppstå innan kritiska nivåer uppnås i de scenarier som granskats.

Brandgaslagrets höjd

Det krav som BBR ställer är att höjden på brandgaslagret inte får understiga en höjd av

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times H_{takhöjd}$$

Den kritiska höjden blir för de valda scenarierna

Scen, utan aktivering av brandgasluckorna

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 15,5 = 3,15m$$

Salong

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 7,8 = 2,38m$$

galleriplan

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 3,0 = 1,9m$$

Teknikerbås

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 2,3 = 1,83m$$

Garderob

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 2,2 = 1,82m$$

Foajé

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 2,15 = 1,82m$$

Korridor på parkettplan

$$H_{brandgas} = 1,6 + 0,1 \times 3,7 = 1,97m$$

Höjden till taket är medelvärde för salongen, galleriplanet och garderoben då dessa tak är lutande.

Med jämförelse av brandgashöjden som funktion av tiden som ARGOS beräknar, bestäms tiden till kritisk höjd på brandgaslagret.

Brandgaslagrets temperatur

För beräkning av temperaturen i det bildade brandgaslagret används ett samband som McCaffrey [6] med flera plockade fram i början av 1980-talet. Sambandet är en förenkling av värmebalansen för en två-zonsmodell som används i ARGOS och tar endast hänsyn till den värme som produceras, den värme som förloras ut genom rummets öppningar och slutligen förlust av värme till omslutande väggar. Beräkningarna sker endast de rum där risk för personskada föreligger och den direkta brandhärden finns.

$$T_g = 6,85 \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_v \sqrt{h_v h_k} A_T} \right) + T_a$$

där

T_g = temperatur i brandgaslagret (°C)

T_a = omgivande temperatur (°C)

$\dot{Q}$ = utvecklad värme (kW)

A_v = total öppningsarea (m²)

h_v = viktat värde av öppningarnas höjd (m)

A_T = rummets totala omslutningsarea, dvs $A_{\text{total}} - A_v$ (m²)

h_k = effektiv värmeövergångstal till omgivande konstruktion (kW/m²°C)

För att få ett mer riktigt värde bör endast den area som brandgaslagret har kontakt med användas. Men då denna skiftar med tiden, är denna svår att bestämma.

$$h_k \text{ är för korta tidsintervall } h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}}$$

där

$k\rho c$ = omslutningsytornas värmeupptagningsförmåga (kW²s/m⁴K²)

t = tid (s)

Den utvecklade värmen skiftar enligt sambandet $\dot{Q} = \alpha t^2$. Med detta insatt i ekvationen och med värmeövergångstalet enligt ovan blir

$$T_g = 6,85 \left(\frac{(\alpha t^2)^2 \sqrt{t}}{A_v \sqrt{h_v} \sqrt{k\rho c} A_T} \right) + T_a.$$

Med denna ekvation kan brandgaslagrets temperatur studeras över tiden.

Scenen

Materialet i angränsande väggar är tegel och har $k\rho c = 9,3 \cdot 10^5 \text{ (kW}^2\text{s/m}^4\text{K}^2)$ [1].

Den omslutande arean, A_t i scenrummet blir

Bakre vägg: $15,1 \cdot 15,5 = 234 \text{ m}^2$

Vänster vägg: $9,6 \cdot 15,5 = 148,8 \text{ m}^2$. Det finns två brandklassade dörrar av typ EI-C60.

Antagande görs att dessa är stängda och försummas. Att de försummas grundas på att deras yta är totalt $0,9 \cdot 2,3 + 1,0 \cdot 2,3 = 4,37 \text{ m}^2$ vilket motsvarar $4,37 / 148,8 \approx 3 \%$ av den totala arean.

Höger vägg: $9,6 \cdot 15,5 = 148,8 \text{ m}^2$. Det finns en brandklassad dörr i denna vägg. Enligt samma antagande som vid den vänstra väggen försummas denna.

Främre väggen: $15,1 \cdot 15,5 - 7,9 \cdot 5,5 = 190,6 \text{ m}^2$, där $7,9 \cdot 5,5$ är öppningen ut mot publiken.

Taket har en area av $15,1 \cdot 9,6 = 145 \text{ m}^2$

Total omslutnings area: 867 m^2

Arean på öppningarna A_v är $7,9 \cdot 5,5 = 43,45 \text{ m}^2$ då endast öppningen ut mot publiken tas med.

Höjden på öppningen är 5,5 meter

Med en tillväxtfas enligt ”fast”, $\alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$ och en omgivande temperatur, $T_a = 20^\circ\text{C}$ blir temperaturen som funktion av tiden enligt

$$T_g = 6,85 \left(\frac{(0,047t^2)^2 \sqrt{t}}{43,45 \sqrt{5,5} \sqrt{9,3 \cdot 10^5} 867} \right) + 20$$

Den kritiska temperaturen uppstår efter 220 sekunder.

Kaprum

Materialet i angränsande väggar är tegel med $k\rho c = 9,3 \cdot 10^5 \text{ (kW}^2\text{s/m}^4\text{K}^2)$ [1].

Den totala omslutningsarean beräknas till 164 m^2 , inklusive takarean. Med avdrag för öppningarnas blir $A_t = 143,2 \text{ m}^2$.

Dörrarna ut till foajén antas vara öppna. Dessa är svängdörrar och antas ej vara täta.

Trapporna som leder upp till parkettplan klassas som öppningar. Öppningsarean,

A_v blir $20,8 \text{ m}^2$.

Öppningarnas höjd, $h_v = 2,15 \text{ m}$

Brandgaslagrets temperatur i kaprummet, med en effektutveckling enligt ”ultra fast”, $\alpha = 0,19 \text{ kW/s}^2$ och en omgivande temperatur, $T_a = 20^\circ\text{C}$ blir temperaturen som funktion av tiden enligt

$$T_g = 6,85 \left(\frac{(0,19t^2)^2 \sqrt{t}}{20,8 \sqrt{2,15} \sqrt{9,3 \cdot 10^5} 143,2} \right) + 20$$

Den kritiska temperaturen uppstår efter 100 sekunder.

Teknikerplats och salong

Då det är öppet uppe vid taket i teknikerplassen kommer brandgaserna att samlas i salongen och galleriet. Vid beräkning kontrolleras temperaturen i salongen då antagande kan göras att branden är vid ena väggen av denna.

Materialet i angränsande väggar är tegel och har $k\rho c = 9,3 \cdot 10^5 \text{ (kW}^2\text{s/m}^4\text{K}^2)$ [1].

Den omslutande arean, A_t i salongen blir

$26,6 \cdot 3,2 = 85,1 \text{ m}^2$ under galleriplan där ett medelvärde på höjden har används.

$10,7 \cdot 7,5 = 81 \text{ m}^2$ framme vid scenen. Har antagit en fri takhöjd på 7,5 meter.

Takarean beräknas till 170 m^2 utifrån mätning i autoCad.

Total omslutnings area: 336 m^2

Öppningen framme vid scen antas vara den enda öppningen. Areal på öppningen A_v , blir $7,9 \cdot 5,5 = 43,45 \text{ m}^2$.

Höjden på öppningen är 5,5 meter

Brandgaslagrets temperatur i salongen, med en effektutveckling enligt ”medium”, $\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$ och en omgivande temperatur, $T_a = 20^\circ\text{C}$ blir temperaturen som funktion av tiden enligt

$$T_g = 6,85 \left(\frac{(0,012t^2)^2 \sqrt{t}}{43,45 \sqrt{5,5} \sqrt{9,3 \cdot 10^5 \cdot 336}} \right) + 20$$

Den kritiska temperaturen uppstår efter 204 sekunder.

Sikt

Vid beräkning av siktbarhet antas sambandet för sikt och den optiska tätheten per meter följa

$$\text{Sikt i meter} = \frac{10}{OD} \quad [6]$$

OD, optisk densitet, har enheten Obscura vilket motsvarar SI-enheten dB/m. 1 Obscura motsvarar 10 meters sikt.

OD kan bestämmas genom ett samband som Rasbash och Phillips visade 1978 [14]. Detta samband bygger på ämnets rökpotential.

Rökpotentialen kan beräknas enligt

$$D_0 = OD * \frac{V}{W_l} \quad [1]$$

där

V = rummets volym

W_l = massa som förbränns.

D_0 = rökpotential

W_l kan beskrivas enligt

$$\Delta W_l = \int_0^t \frac{\dot{Q}}{\Delta H_c} dt = \int_0^t \frac{\alpha t^2}{\Delta H_c} dt = \frac{\alpha t^3}{3\Delta H_c}$$

där $\dot{Q}$ beskrivs som en αt^2 kurva

Den optiska densiteten blir

$$OD = \frac{D_0 * W_l}{V} = \frac{D_0 * \alpha t^3}{V * 3\Delta H_c}$$

Med tabellerade värden för D_0 kan tiden till kritisk sikt bestämmas [1].

Scenen

$$D_0 = 0,22 \text{ ob m}^3/\text{g}$$

$$\Delta H_c = 16,1 \text{ kJ/g}$$

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

$$V = 2092 \text{ m}^3$$

Värden är tagna för fibröst material vid flambrand [1], volymen beräknad i AutoCad samt α är ifrån det dimensionerade brandförloppet.

$$OD = \frac{0,22 * 0,047 t^3}{2092 * 3 * 16,1} \Rightarrow 1 = 1,02 * 10^{-7} t^3$$

Den tid det tar för att nå 1 Obscura blir 212 sekunder, dvs 3,6 minuter.

Salong

$$D_0 = 0,22 \text{ ob m}^3/\text{g}$$

$$\Delta H_c = 16,1 \text{ kJ/g}$$

$$\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$$

$$V = 1915 \text{ m}^3$$

Värden är tagna för fibröst material vid flambrand [1].

Volymen i kapprummet är beräknad i AutoCad samt värdet för α kommer från det dimensionerade brandförloppet.

$$OD = \frac{0,22 * 0,012 t^3}{1915 * 3 * 16,1} \Rightarrow 1 = 3,64 * 10^{-8} t^3$$

Den tid det tar för att nå 1 Obscura blir 302 sekunder, dvs 5 minuter.

Kapprum

$$D_0 = 0,87 \text{ Ob m}^3/\text{g}$$

$$\Delta H_c = 21,5 \text{ kJ/g}$$

$$\alpha = 0,19 \text{ kW/s}^2$$

$$V = 212 \text{ m}^3$$

D_0 och ΔH_c är viktade värden från nylon och bomull. Då materialet i jackorna är okänt, antas 50 % vara av nylon och 50 % vara bomull. Värdena för bomull kommer från SFPE [16] och värdena för nylon från Enclosure Fire Dynamics [2]. Värdena för D_0 anges i ovan givna källor är angivna i m^2/g . För att dessa värden ska kunna användas i beräkningsmodellen ovan har de skalats om till $\text{Ob m}^3/\text{g}$.

$$OD = \frac{0,87 * 0,19 t^3}{212 * 3 * 21,5} \Rightarrow 1 = 1,21 * 10^{-5} * t^3$$

Tid till att sikten blivit under 10 meter blir 20 sekunder.

Bilaga 10 – Syrekontrollerad eller bränslekontrollerad brand

Vid ventilationskontrollerade bränder är det mängden syre i brandrummet och det maximala flödet av luft in i lokalen som styr vilken maximal effektutveckling som kan uppstå. En förenklad formel för det maximala massflödet luft in i brandrummet ges approximativt av

$$\dot{m}_a = 0,5 A_v \sqrt{h_v}$$

där

A_v = total öppningsarea (m^2)

h_v = viktat värde av öppningarnas höjd (m)

Den maximala brandeffekten viktas mot $\dot{m}_a$ genom att utnyttja att 1 kg syre vid förbränning utvecklar ca 3 MJ nästan oavsett bränsle. Det ger den maximala effekten

$$\dot{Q}_{\max} = 0,5 * 3000 A_v \sqrt{h_v} \text{ (kW)}$$

Scenarierna i teknikerplatsen och scenen verifieras ej med beräkning. Detta beror på att de har stora öppningar ut mot salongen och antas ha obegränsat med syre under tillväxtfasen.

Kapprummet

Vid beräkning antas dörrarna ut mot foajén vara stängda och helt täta. Endast halva öppningsarean av trappornas öppningar antas fungera som tilluftsventilation. Detta antagande grundar sig på att det strömmar ut heta brandgaser från övre delen av öppningen, samt att personer vid utrymning använder trapporna som utrymningsväg. Beräkningen blir konservativ men ligger på rätt sida om säkerhetsnivån.

A_v blir $(2 * 2,3 * 2) / 2 = 4,6 \text{ m}^2$

H_v är 2,3 m

$$\dot{Q}_{\max} = 0,5 * 3000 * 4,6 * \sqrt{2,3} = 10,5 \text{ MW}$$

10,5 MW är en högre effekt än vad som har antagit i det dimensionerande brandscenariot. Det är endast 500 kW som skiljer mellan beräkningar och antagen maximal effekt. Men med de konservativa antaganden som är gjorda vid beräkningar kan brandutvecklingen antas vara bränslekontrollerad.

Bilaga 11 – Tid till sprinkleraktivering

Enligt sprinklerbultillverkarens hemsida [11] har information för RTI-värde och aktiveringstemperatur hämtats.

Sprinklerbulberna i teatern är av så kallad F3-typ och enligt tillverkaren är RTI-värdet 36 och aktiveringstemperaturen 68°C.

Enligt ekvationen nedan kan tid till aktivering beräknas [9]

$$RTI = - \frac{t * \sqrt{v}}{\ln \left(1 - \frac{(T_{aktiv} - T_0) * (1 + \frac{c}{\sqrt{v}})}{(T_{gas} - T_0)} \right)} * \left(1 + \frac{c}{\sqrt{v}} \right)$$

där

t = tid till aktivering

v = lufthastighet

T_{aktiv} = temperatur för aktivering, 68°C

T₀ = rumstemperatur, 20°C

T_{gas} = temperatur på brandgaslagret

C = konvektiv värmeledning till sprinklerhuvudet, sätts till 0,5

Värdet för lufthastigheten och temperaturen på brandgaslagret beräknas utifrån Alpererts ceiling jet-teori.

$$v = \frac{0,195 \dot{Q}^{1/3} H^{1/2}}{r^{5/6}}$$

$$T_{gas} = \frac{5,38 (\dot{Q}/r)^{2/3}}{H} + T_0$$

r = avståndet mellan branden och sprinkler, 2,2 meter

H = takhöjden, 2,15 meter

Q = effektutveckling, ansatt värde $\alpha * t^2$ med $\alpha = 0,19 \text{ kW/s}^2$

C-faktorn vid RTI beräkningar ligger mellan 0 och 1. För beräkning av RTI-värdet i teatern har vi antagit värdet 0,5 [17].

Med förutsättningarna ovan blir tiden till aktivering 61 sekunder.

Aktiveringstiden har även beräknats med datorprogrammet Detact T2.

Parametrarna till indata:

- Omgivande temperatur = 20 °C
- Detektorns RTI-värde = 36 (m*s)^{1/2}
- Detektorns aktiveringstemperatur = 68 °C
- Rumshöjd = 2,15 m
- Avstånd mellan detektorer = 3 m
- Brandens tillväxthastighet = 0,19 kW/s² (ultra fast)

Tid till aktivering blev 67 sekunder

Detact T2 tar ej med någon värmeledningsförlust till sprinklerrören. Detta leder till en underskattning av tiden till aktivering.

Vid simuleringar i ARGOS med fallet där sprinkler aktiveras blir tiden för aktivering 57 sekunder.

Bilaga 12 – Indata till Simulering i ARGOS

Brand på scen

I simuleringen har 3 rum byggts upp:

Scenen är det rum där branden startar.

Parkett är golvplan i salongen där hälften av personerna sitter under en föreställning.

Galleriet är det rum där andra hälften av personerna sitter och är beläget som en balkong i bakre delen av salongen en våning över parkett.

Geometri

Följande värden för geometrierna har hämtats från AutoCad-ritningarna och använts vid simuleringen i ARGOS.

Scen	Perimeter	48,8 m
	Area	141 m ²
	Rumshöjd	15,5 m
	Max distance	17,7 m
Parkett	Perimeter	75,1 m
	Area	149,5 m ²
	Rumshöjd	7,6 m
	Max distance	16,9 m
Galleri	Perimeter	51,9 m
	Area	102,2 m ²
	Rumshöjd	7 m
	Max distance	17,1 m

Öppningar mellan rum

Scen och omgivning: 2 branddörrar varav en är placerad på var kortsida av scenen.

Scen och Parkett: En öppning som är 7,9 meter bred och 5,5 meter hög.

Parkett och omgivning: 4 branddörrar varav 2 är placerade på var sida om salongen samt 2 trädörrar i bakre delen av rummet.

Parkett och Galleri: En öppning som är 13,9 meter bred och 2,8 meter hög, belägen 3,5 meter över golvnivå.

Galleri och omgivning: 2 branddörrar i bakre delen av rummet samt 2 trädörrar varav en är placerad på varje sida om galleriet.

Brandgasventilation

Scenen har två rökluckor med en total area på 1,3 m².

Branden

Branden är en α -t²-brand som har angetts som en poolbrand genom att mata in värden för tillväxthastighet och maxeffekt samt en brandarea.

Maximal effektutveckling per kvadratmeter har satts till 0,25 kW och brandarean som använts är 40 m² vilket ger en maximal effektutveckling på 10 MW. Tillväxthastigheten som använts är *fast*, det vill säga 0,17 MW/min².

Brand i garderob

Kritiska förhållanden i korridorerna

I simuleringen har 5 rum byggts upp:

Kapprummet är det rum där garderoben finns och där branden startar.

Trappa vänster är trappan mellan kapprummet och den vänstra korridoren.

Trappa höger är trappan mellan kapprummet och den högra korridoren.

Korridor vänster är korridoren på vänster sida om parkett.

Korridor höger är korridoren på höger sida om parkett.

Geometri

Följande värden för geometrierna har hämtats från AutoCad-ritningarna och använts vid simuleringen i ARGOS.

Kapprum	Perimeter	37,4 m
	Area	98,4 m ²
	Rumshöjd	2,15 m
	Max distance	13,3 m
Trappor (vänster och höger)	Perimeter	4,4 m
	Area	6,7 m ²
	Rumshöjd	6,9 m
	Max distance	3,7 m
Korridor vänster	Perimeter	30,1 m
	Area	26,0 m ²
	Rumshöjd	6,9 m
	Max distance	12,3 m
Korridor höger	Perimeter	37,2 m
	Area	18,5 m ²
	Rumshöjd	6,9 m
	Max distance	8,7 m

Öppningar mellan rum

Kapprum och omgivningen: 3 svängdörrar

Kapprum och trapporna: En öppning till vardera trappa med bredden 2 meter och höjden 2,15

Trappa vänster och Korridor vänster samt Trappa höger och Korridor höger: En öppning med bredden 2 meter och höjden 2,15 belägen 2,95 meter över kapprummets golvnivå

Korridor vänster och omgivningen: 3 branddörrar varav 2 leder till salongen och en till ovala rummet.

Korridor höger och omgivningen: 4 branddörrar varav 2 leder till salongen, en leder till trapphuset bredvid logen och en till ovala rummet.

Branden

Branden är ”data point fire” vars värde har tagits från den dimensionerande branden. Den maximala effekten är på 10 MW. Se vidare avsnittet om framtagning av effektkurva.

Kritiska förhållanden i foajén

I simuleringen har 5 rum byggts upp:

Kapprummet är det rum där garderoben finns och där branden startar.

Foajén är det rum som förbinder entréplan med galleriplan

Trappa vänster är trappan mellan kapprummet och den vänstra korridoren.

Trappa höger är trappan mellan kapprummet och den högra korridoren.

Korridor vänster är korridoren på vänster sida om parkett.

Geometri

Följande värden för geometrierna har hämtats från AutoCad-ritningarna och använts vid simuleringen i ARGOS.

Kapprum	Perimeter	43,5 m
	Area	98,4 m ²
	Rumshöjd	2,15 m
	Max distance	13,3 m
Foajé	Perimeter	66,4 m
	Area	73,3 m ²
	Rumshöjd	2,6 m
	Max distance	15,8 m
Trappor (vänster och höger)	Perimeter	12,0 m *
	Area	6,7 m ² *
	Rumshöjd	6,9 m
	Max distance	3,7 m
Korridor vänster	Perimeter	30,2 m
	Areal	23,5 m ²
	Rumshöjd	6,9 m (4,0 m)
	Max distance	11,9 m

* Dessa värden är uppskattade då rummen stäcker sig över flera plan.

Brand i teknikerplats

I simuleringen har 4 rum byggts upp:

Bakre parkett är det rum som innefattar teknikerplatsen där branden startar

Främre parkett är det rum där hälften av personerna i publiken sitter under en föreställning.

Galleri är det rum där resten av personerna sitter och är beläget som en balkong i bakre delen av salongen en våning över parkett.

Ovala rummet är det rum som står i förbindelse med bakre parkett och används vid utrymning via altanen.

Geometri

Bakre Parkett	Perimeter	41,1 m
	Area	47,3 m ²
	Rumshöjd	2,2 m
	Max distance	4,1 m
Främre Parkett	Perimeter	36,3 m
	Area	84,7 m ²
	Rumshöjd	7,6 m
	Max distance	11,3 m
Galleri	Perimeter	51,9 m
	Area	102,2 m ²
	Rumshöjd	7,0 m (3,0 m)
	Max distance	3,4 m
Ovala rummet	Perimeter	41,8 m
	Area	78,9 m ²
	Rumshöjd	3,7 m
	Max distance	17,0 m

Bilaga 13 – Indatafil simulering i FDS

```
-----
LANDSKRONA TEATER
KAPPRUM
-----
```

```
&HEAD CHID='teater1',TITLE='Landskrona Teater - Kapprum Grid 1.1' /
&TIME TWFIN=600., SYNCHRONIZE=.TRUE. /
```

```
-DEFINING MATERIALS, SURFACES ETC.-
&MISC REACTION='POLYURETHANE',
      SURF_DEFAULT='INERT',
      DATABASE='c:\nist\fds\database4\database4.data'
      DTCORE=50. /
```

```
-GEOMETRY OG GRID-
```

```
-----
Groft grid
-----
```

```
&PDIM XBAR0=1.000,XBAR=6.900, YBAR0=0.0,YBAR=16.000, ZBAR0=0.0,ZBAR=2.565 /
Kapprum
&GRID IBAR=30,JBAR=80,KBAR=12 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=6.900,XBAR=9.450, YBAR0=0.0,YBAR=16.000, ZBAR0=0.0,ZBAR=2.565 /
Kapprum, fortsat
&GRID IBAR=12,JBAR=80,KBAR=12 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=9.450,XBAR=13.450, YBAR0=0.600,YBAR=15.400,
ZBAR0=0.0,ZBAR=2.565 / Foaje
&GRID IBAR=20,JBAR=72,KBAR=12 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.550, YBAR0=-2.400,YBAR=0.0, ZBAR0=0.0,ZBAR=6.850 /
Trappetårn, venstre
&GRID IBAR=15,JBAR=12,KBAR=36 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.300, YBAR0=16.000,YBAR=18.400,
ZBAR0=0.0,ZBAR=6.850 / Trappetårn, højre
&GRID IBAR=15,JBAR=12,KBAR=36 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.550, YBAR0=-10.200,YBAR=-2.400,
ZBAR0=3.000,ZBAR=6.850 / Korridor parkettplan, venstre
&GRID IBAR=16,JBAR=40,KBAR=20 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.550, YBAR0=18.400,YBAR=26.200,
ZBAR0=3.000,ZBAR=6.850 / Korridor parkettplan, højre
&GRID IBAR=16,JBAR=40,KBAR=20 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

```
&PDIM XBAR0=9.550,XBAR=13.700, YBAR0=-4.450,YBAR=-2.550,
ZBAR0=3.000,ZBAR=5.100 / Buegang, parkettplan
&GRID IBAR=21,JBAR=10,KBAR=12 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
-----
```

```
-----
Fint grid
-----
```

```
PDIM XBAR0=1.000,XBAR=6.900, YBAR0=0.0,YBAR=16.000, ZBAR0=0.0,ZBAR=2.565 /
Kapprum
GRID IBAR=72,JBAR=160,KBAR=27 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning
```

PDIM XBAR0=6.900,XBAR=9.450, YBAR0=0.0,YBAR=16.000, ZBAR0=0.0,ZBAR=2.565 /
Kapprum, fortsat
GRID IBAR=27,JBAR=160,KBAR=27 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

PDIM XBAR0=9.450,XBAR=13.450, YBAR0=0.600,YBAR=15.400, ZBAR0=0.0,ZBAR=2.565
/ Foaje
GRID IBAR=40,JBAR=15,KBAR=27 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.550, YBAR0=-2.400,YBAR=0.0, ZBAR0=0.0,ZBAR=6.850 /
Trappetårn, venstre
GRID IBAR=30,JBAR=24,KBAR=72 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.300, YBAR0=16.000,YBAR=18.400, ZBAR0=0.0,ZBAR=6.850
/ Trappetårn, højre
GRID IBAR=30,JBAR=24,KBAR=72 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.550, YBAR0=-10.200,YBAR=-2.400,
ZBAR0=3.000,ZBAR=6.850 / Korridor parkettplan, venstre
GRID IBAR=32,JBAR=80,KBAR=40 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

PDIM XBAR0=6.500,XBAR=9.550, YBAR0=18.400,YBAR=26.200,
ZBAR0=3.000,ZBAR=6.850 / Korridor parkettplan, højre
GRID IBAR=32,JBAR=80,KBAR=40 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

PDIM XBAR0=9.550,XBAR=13.700, YBAR0=-4.450,YBAR=-2.550,
ZBAR0=3.000,ZBAR=5.100 / Buegang, parkettplan
GRID IBAR=45,JBAR=20,KBAR=24 / I=x-retning, J=y-retning, K=z-retning

&VENT CB='XBAR' ,SURF_ID='OPEN' /
&VENT CB='YBAR0',SURF_ID='OPEN' /
&VENT CB='YBAR' ,SURF_ID='OPEN' /

Skrå loft

&OBST XB= 1.000,1.390, 1.000,15.000, 1.880,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 1.390,1.780, 1.000,15.000, 1.9485,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 1.780,2.170, 1.000,15.000, 2.017,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 2.170,2.560, 1.000,15.000, 2.0855,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 2.560,2.950, 1.000,15.000, 2.154,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 2.950,3.340, 1.000,15.000, 2.2225,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 3.340,3.730, 1.000,15.000, 2.291,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 3.730,4.120, 1.000,15.000, 2.3595,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 4.120,4.510, 1.000,15.000, 2.428,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 4.510,4.700, 1.000,15.000, 2.4965,2.565 , SAWTOOTH=.FALSE. ,
RGB=1,0.5,0 /

Udspring ved knagerækker

&OBST XB= 1.000,3.000, 1.000,2.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 1.000,3.000, 14.000,15.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

Sidevægge

&OBST XB= 1.000,6.900, 0.0,1.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 1.000,6.900, 15.000,16.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

Vægge mellem trappe og kapprum

&OBST XB= 6.500,6.900, 1.000,3.450, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.500,6.900, 12.550,15.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

Vægge i "trappetårne"

&OBST XB= 6.500,6.900, -2.400,0.0, 0.0,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, -2.400,0.800, 0.0,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.900,8.900, -2.400,-2.000, 0.0,3.000 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.900,8.900, -0.400,0.0, 2.565,6.850 , RGB=1,0.5,0 /

&OBST XB= 6.500,6.900, 16.000,18.400, 0.0,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, 15.200,18.400, 0.0,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.900,8.900, 18.000,18.400, 0.0,3.000 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.900,8.900, 16.000,16.400, 2.565,6.850 , RGB=1,0.5,0 /

Gang på parkettplan

&OBST XB= 6.500,6.900, -10.200,-2.400,3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, -2.950,-2.400,3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, -4.050,-2.400,5.100,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, -10.200,-4.050,3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.900,8.900, -10.200,-9.800,3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 9.300,13.700, -4.450,-4.050,3.000,5.100 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 9.300,13.700, -2.950,-2.550,3.000,5.100 , RGB=1,0.5,0 /

&OBST XB= 6.500,6.900, 18.400,26.200, 3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 6.900,9.150, 25.800,26.200, 3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, 18.400,19.800, 3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, 19.800,21.500, 5.100,6.850 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.300, 21.500,26.200, 3.000,6.850 , RGB=1,0.5,0 /

Væg mellem kapprum og foaje

&OBST XB= 8.900,9.450, 0.800,4.750, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.450, 4.750,6.150, 2.024,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.450, 6.150,7.300, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.450, 7.300,8.700, 2.024,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.450, 8.700,9.850, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.450, 9.850,11.250, 2.024,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 8.900,9.450, 11.250,15.200, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

Garderobedisk

&OBST XB= 3.750,4.050, 3.000,13.000, 0.950,1.000 , RGB=0.5,0.5,0.5 /
 &OBST XB= 3.750,4.050, 3.000,3.050, 0.0,1.000 , RGB=1.0,0.0,0.0 /
 &OBST XB= 3.750,4.050, 12.950,13.000, 0.0,1.000 , RGB=1.0,0.0,0.0 /
 &OBST XB= 4.000,4.050, 3.000,13.000, 0.0,1.000 , RGB=1.0,0.0,0.0 /

Bjælker

&OBST XB= 4.700,4.900, 1.000,15.000, 2.024,2.565 , RGB=0.5,0.5,0.5 /
 &OBST XB= 6.500,6.900, 3.450,12.550, 2.024,2.565 , RGB=0.5,0.5,0.5 /

Søjler

&OBST XB= 4.700,4.900, 5.150,5.350, 0.0,2.024 , RGB=1.0,0.0,0.0 /
 &OBST XB= 4.700,4.900, 10.650,10.850, 0.0,2.024 , RGB=1.0,0.0,0.0 /

Vægge i foaje

&OBST XB= 9.450,11.650, 0.600,1.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 11.650,12.850, 0.600,1.000, 2.024,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
 &OBST XB= 12.850,13.650, 0.600,1.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

```

&OBST XB= 9.450,9.650, 15.000,15.400, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 9.650,11.150, 15.000,15.400, 2.024,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 11.150,11.650, 15.000,15.400, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 11.650,12.850, 15.000,15.400, 2.024,2.565 , RGB=1,0.5,0 /
&OBST XB= 12.850,13.250, 15.000,15.400, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

&OBST XB= 13.250,13.450, 1.000,15.000, 0.0,2.565 , RGB=1,0.5,0 /

-OUTPUT-
&THCP XYZ=1.500,8.000,1.000, QUANTITY='TEMPERATURE',
LABEL='Temp_1m_over_branden' /

&THCP XYZ=4.600,2.500,2.465, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Gastemp_sprk1'
/ Gastemperaturen ved sprinkler 1
&THCP XYZ=4.600,4.750,2.465, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Gastemp_sprk2'
/ Gastemperaturen ved sprinkler 2
&THCP XYZ=4.600,7.000,2.465, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Gastemp_sprk3'
/ Gastemperaturen ved sprinkler 3
&THCP XYZ=4.600,9.250,2.465, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Gastemp_sprk4'
/ Gastemperaturen ved sprinkler 4
&THCP XYZ=4.600,13.500,2.465,QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Gastemp_sprk5'
/ Gastemperaturen ved sprinkler 5

&THCP XYZ=7.900,3.450,1.850, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_tr1'
/Temperatur ved trappestart (1.6+0.1*H=1850)
&THCP XYZ=7.900,12.550,1.850,QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_tr2'
/Temperatur ved trappestart

&THCP XYZ=7.900,3.450,1.850, QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_tr1' /
Sigt ved trappestart
&THCP XYZ=7.900,12.550,1.850,QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_tr2' /
Sigt ved trappestart

&THCP XYZ=7.900,3.450,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_tr1' / Røglagshøjde ved trappestart
&THCP XYZ=7.900,12.550,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_tr2' /Røglagshøjde ved trappestart

&THCP XYZ=12.250,1.100,1.850, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_Door1' /
&THCP XYZ=10.400,14.900,1.850,QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_Door2' /
&THCP XYZ=12.250,14.900,1.850,QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_Door3' /

&THCP XYZ=12.250,1.100,1.850, QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_Door1' /
&THCP XYZ=10.400,14.900,1.850,QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_Door2' /
&THCP XYZ=12.250,14.900,1.850,QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_Door3' /

&THCP XYZ=12.250,1.100,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_Door1' /
&THCP XYZ=10.400,14.900,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_Door2' /
&THCP XYZ=12.250,14.900,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_Door3' /

&THCP XYZ=8.800,-3.225,6.950, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_Korr1' /
&THCP XYZ=8.800,20.650,6.950, QUANTITY='TEMPERATURE', LABEL='Temp_Koor2' /

&THCP XYZ=8.800,-3.225,6.950, QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_Koor1' /
&THCP XYZ=8.800,20.650,6.950, QUANTITY='visibility',LABEL='Visibi_Koor2' /

&THCP XYZ=8.800,-3.225,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_Koor1' /

```

```

&THCP XYZ=8.800,20.650,1, QUANTITY='LAYER
HEIGHT',LABEL='layer_height_koor2' /

&SLCF PBX=3.450,QUANTITY='TEMPERATURE' / Temperaturen i en vertikal plan
&SLCF PBX=3.450,QUANTITY='visibility' / Sigtbarheden i en vertikal plan
&SLCF PBX=3.450,QUANTITY='LAYER HEIGHT' / Røglagshøjde

&SLCF PBX=-2.400,QUANTITY='TEMPERATURE' / Temperaturen på tværs i gang på
parkettplan
&SLCF PBX=-2.400,QUANTITY='visibility' / Sigtbarheden på tværs i gang på
parkettplan
&SLCF PBX=-2.400,QUANTITY='LAYER HEIGHT' / Røglagshøjde på tværs i gang på
parkettplan

&SLCF PBX=18.400,QUANTITY='TEMPERATURE' / Temperaturen på tværs i gang på
parkettplan
&SLCF PBX=18.400,QUANTITY='visibility' / Sigtbarheden på tværs i gang på
parkettplan
&SLCF PBX=18.400,QUANTITY='LAYER HEIGHT' / Røglagshøjde på tværs i gang på
parkettplan

&SLCF PBX=12.550,QUANTITY='TEMPERATURE' / Temperaturen i en vertikal plan
&SLCF PBX=12.550,QUANTITY='visibility' / Sigtbarheden i en vertikal plan
&SLCF PBX=12.550,QUANTITY='LAYER HEIGHT' / Røglagshøjde

&SLCF PBX=4.800,QUANTITY='TEMPERATURE' / Temperaturen i en vertikal plan i
under bjælke
&SLCF PBX=4.800,QUANTITY='visibility' / Sigtbarheden i en vertikal plan
under bjælke
&SLCF PBX=4.800,QUANTITY='LAYER HEIGHT' / Røglagshøjde i en plan under
bjælke

&SLCF PBX=7.900,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=7.900,QUANTITY='visibility' /
&SLCF PBX=7.900,QUANTITY='LAYER HEIGHT' /

&SLCF PBX=9.000,QUANTITY='TEMPERATURE' / Temperaturen i døråbninger mellem
kapprum og foaje
&SLCF PBX=9.000,QUANTITY='visibility' / Sigtbarheden i døråbninger mellem
kapprum og foaje
&SLCF PBX=9.000,QUANTITY='LAYER HEIGHT' / Røglagshøjde i døråbninger mellem
kapprum og foaje

&ISOF DTSAM=1,QUANTITY='TEMPERATURE',
VALUE(1)=60.,VALUE(2)=80.,VALUE(3)=100. / 3D-animationer af tre forskellige
temperaturspring
&ISOF DTSAM=1,QUANTITY='MIXTURE_FRACTION',VALUE(1)=0.001,VALUE(2)=0.05 /
&ISOF DTSAM=1,QUANTITY='visibility',VALUE(1)=5.,VALUE(2)=10.

&PL3D DTSAM=15./
&PL3D QUANTITIES='TEMPERATURE','U-VELOCITY','V-VELOCITY','W-
VELOCITY','visibility' /
&PL3D WRITE_XYZ=.TRUE./

&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /

-BRAND-
&OBST XB= 0.500,2.500, 3.000,13.000, 0.001,0.001, RGB=0,1,1,SURF_ID='fire'
/
SURF_IDS='fire','INERT','INERT' /

```

```

&SURF ID='fire',HRRPUA=500.,
  &RAMP_Q='fire' / HHR fra brand
  &RAMP ID='fire',T=0.0,F=0.0 / T=tid, F=HHR [kW]
  &RAMP ID='fire',T=2, F=0.000076 / &RAMP ID='fire',T=4,
  F=0.0003 /
  &RAMP ID='fire',T=6, F=0.0007 / &RAMP ID='fire',T=8, F=0.0012
/
  &RAMP ID='fire',T=10, F=0.0019 / &RAMP ID='fire',T=12, F=0.0027
/
  &RAMP ID='fire',T=14, F=0.0037 / &RAMP ID='fire',T=16, F=0.0049
/
  &RAMP ID='fire',T=18, F=0.0062 / &RAMP ID='fire',T=20, F=0.0076
/
  &RAMP ID='fire',T=22, F=0.0092 / &RAMP ID='fire',T=24, F=0.0109
/
  &RAMP ID='fire',T=26, F=0.0128 / &RAMP ID='fire',T=28, F=0.0149
/
  &RAMP ID='fire',T=30, F=0.0171 / &RAMP ID='fire',T=32, F=0.0195
/
  &RAMP ID='fire',T=34, F=0.0220 / &RAMP ID='fire',T=36, F=0.0246
/
  &RAMP ID='fire',T=38, F=0.0276 / &RAMP ID='fire',T=40, F=0.0310
/
  &RAMP ID='fire',T=42, F=0.0349 / &RAMP ID='fire',T=44, F=0.0392
/
  &RAMP ID='fire',T=46, F=0.0440 / &RAMP ID='fire',T=48, F=0.0492
/
  &RAMP ID='fire',T=50, F=0.0549 / &RAMP ID='fire',T=52, F=0.0611
/
  &RAMP ID='fire',T=54, F=0.0677 / &RAMP ID='fire',T=56, F=0.0748
/
  &RAMP ID='fire',T=58, F=0.0823 / &RAMP ID='fire',T=60, F=0.0903
/
  &RAMP ID='fire',T=62, F=0.0987 / &RAMP ID='fire',T=64, F=0.1076
/
  &RAMP ID='fire',T=66, F=0.1170 / &RAMP ID='fire',T=68, F=0.1268
/
  &RAMP ID='fire',T=70, F=0.1370 / &RAMP ID='fire',T=72, F=0.1477
/
  &RAMP ID='fire',T=74, F=0.1591 / &RAMP ID='fire',T=76, F=0.1712
/
  &RAMP ID='fire',T=78, F=0.1840 / &RAMP ID='fire',T=80, F=0.1976
/
  &RAMP ID='fire',T=82, F=0.2120 / &RAMP ID='fire',T=84, F=0.2271
/
  &RAMP ID='fire',T=86, F=0.2430 / &RAMP ID='fire',T=88, F=0.2596
/
  &RAMP ID='fire',T=90, F=0.2770 / &RAMP ID='fire',T=92, F=0.2952
/
  &RAMP ID='fire',T=94, F=0.3141 / &RAMP ID='fire',T=96, F=0.3338
/
  &RAMP ID='fire',T=98, F=0.3542 / &RAMP ID='fire',T=100,F=0.3754 /
  &RAMP ID='fire',T=102,F=0.3974 / &RAMP ID='fire',T=104,F=0.4146 /
  &RAMP ID='fire',T=106,F=0.4301 / &RAMP ID='fire',T=108,F=0.4462 /
  &RAMP ID='fire',T=110,F=0.4630 / &RAMP ID='fire',T=112,F=0.4803 /
  &RAMP ID='fire',T=114,F=0.4982 / &RAMP ID='fire',T=116,F=0.5168 /
  &RAMP ID='fire',T=118,F=0.5359 / &RAMP ID='fire',T=120,F=0.5557 /
  &RAMP ID='fire',T=122,F=0.5760 / &RAMP ID='fire',T=124,F=0.5970 /
  &RAMP ID='fire',T=126,F=0.6186 / &RAMP ID='fire',T=128,F=0.6408 /
  &RAMP ID='fire',T=130,F=0.6636 / &RAMP ID='fire',T=132,F=0.6870 /
  &RAMP ID='fire',T=134,F=0.7110 / &RAMP ID='fire',T=136,F=0.7356 /

```

&RAMP ID='fire',T=138,F=0.7609 /	&RAMP ID='fire',T=140,F=0.7757 /
&RAMP ID='fire',T=142,F=0.7862 /	&RAMP ID='fire',T=144,F=0.7970 /
&RAMP ID='fire',T=146,F=0.8081 /	&RAMP ID='fire',T=148,F=0.8195 /
&RAMP ID='fire',T=150,F=0.8312 /	&RAMP ID='fire',T=152,F=0.8432 /
&RAMP ID='fire',T=154,F=0.8555 /	&RAMP ID='fire',T=156,F=0.8681 /
&RAMP ID='fire',T=158,F=0.8810 /	&RAMP ID='fire',T=160,F=0.8943 /
&RAMP ID='fire',T=162,F=0.9078 /	&RAMP ID='fire',T=164,F=0.9216 /
&RAMP ID='fire',T=166,F=0.9358 /	&RAMP ID='fire',T=168,F=0.9502 /
&RAMP ID='fire',T=170,F=0.9650 /	&RAMP ID='fire',T=172,F=0.9800 /
&RAMP ID='fire',T=174,F=0.9954 /	&RAMP ID='fire',T=176,F=1.0000 /
&RAMP ID='fire',T=178,F=1.0000 /	&RAMP ID='fire',T=180,F=0.9900 /
&RAMP ID='fire',T=182,F=0.9800 /	&RAMP ID='fire',T=184,F=0.9700 /
&RAMP ID='fire',T=186,F=0.9600 /	&RAMP ID='fire',T=188,F=0.9500 /
&RAMP ID='fire',T=190,F=0.9400 /	&RAMP ID='fire',T=192,F=0.9300 /
&RAMP ID='fire',T=194,F=0.9200 /	&RAMP ID='fire',T=196,F=0.9100 /
&RAMP ID='fire',T=198,F=0.9000 /	&RAMP ID='fire',T=200,F=0.8900 /
&RAMP ID='fire',T=202,F=0.8800 /	&RAMP ID='fire',T=204,F=0.8700 /
&RAMP ID='fire',T=206,F=0.8600 /	&RAMP ID='fire',T=208,F=0.8500 /
&RAMP ID='fire',T=210,F=0.8400 /	&RAMP ID='fire',T=212,F=0.8300 /
&RAMP ID='fire',T=214,F=0.8200 /	&RAMP ID='fire',T=216,F=0.7900 /
&RAMP ID='fire',T=218,F=0.7600 /	&RAMP ID='fire',T=220,F=0.7400 /
&RAMP ID='fire',T=222,F=0.7200 /	&RAMP ID='fire',T=224,F=0.7000 /
&RAMP ID='fire',T=226,F=0.6800 /	&RAMP ID='fire',T=228,F=0.6600 /
&RAMP ID='fire',T=230,F=0.6400 /	&RAMP ID='fire',T=232,F=0.6200 /
&RAMP ID='fire',T=234,F=0.6000 /	&RAMP ID='fire',T=236,F=0.5800 /
&RAMP ID='fire',T=238,F=0.5600 /	&RAMP ID='fire',T=240,F=0.5400 /
&RAMP ID='fire',T=242,F=0.5200 /	&RAMP ID='fire',T=244,F=0.5000 /
&RAMP ID='fire',T=246,F=0.4800 /	&RAMP ID='fire',T=248,F=0.4600 /
&RAMP ID='fire',T=250,F=0.4400 /	&RAMP ID='fire',T=252,F=0.4000 /
&RAMP ID='fire',T=254,F=0.3600 /	&RAMP ID='fire',T=256,F=0.3400 /
&RAMP ID='fire',T=258,F=0.3200 /	&RAMP ID='fire',T=260,F=0.3000 /
&RAMP ID='fire',T=262,F=0.2800 /	&RAMP ID='fire',T=264,F=0.2600 /
&RAMP ID='fire',T=266,F=0.2400 /	&RAMP ID='fire',T=268,F=0.2200 /
&RAMP ID='fire',T=270,F=0.2000 /	&RAMP ID='fire',T=272,F=0.1800 /
&RAMP ID='fire',T=274,F=0.1600 /	&RAMP ID='fire',T=276,F=0.1400 /
&RAMP ID='fire',T=278,F=0.1200 /	&RAMP ID='fire',T=280,F=0.1000 /
&RAMP ID='fire',T=282,F=0.0800 /	&RAMP ID='fire',T=284,F=0.0600 /
&RAMP ID='fire',T=286,F=0.0400 /	&RAMP ID='fire',T=288,F=0.0200 /
&RAMP ID='fire',T=288,F=0.0200 /	&RAMP ID='fire',T=288,F=0.0200 /
&RAMP ID='fire',T=288,F=0.0200 /	&RAMP ID='fire',T=300,F=0.001 /

Sprinklerfil

MANUFACTURER
 UNKNOWN
 MODEL
 68-36
 OPERATING_PRESSURE
 0.483
 K-FACTOR
 79.
 RTI
 68.
 C-FACTOR
 0.5
 ACTIVATION_TEMPERATURE
 68.
 OFFSET_DISTANCE
 0.1
 SIZE_DISTRIBUTION
 1
 800 2.43 0.6
 VELOCITY
 1
 55. 75. 8.0

Bilaga 14 - Instruktioner

INSTRUKTION FÖR SÄKERHETSVAKTER PÅ LANDSKRONA TEATER. 1997.03.05.

Allmänt

1. Vad större scenbyggen ska räddningstjänsten besiktigat lokalen innan första föreställningen.
2. Säkerhetsfunktionen ska innehas av två personer, nedan kallad säkerhetsvakt 1 och 2. Säkerhetsvakt 1 har huvudansvaret.

Före föreställning

1. En kontrollrond genomförs innan varje föreställning där följande checkpunkter ska ses över.
 - a. att all nödbelysning är tänd och fungerar på reserkraft
 - b. att brandredskapen är i fullgott skick
 - c. att branddörrar är stängda
 - d. att trapphus och andra utrymningsvägar är fria och utgångsdörrar ej är låsta
 - e. att inga bilar står parkerade utanför teatern, så att de kan förhindra räddningstjänstens tillgänglighet till byggnaden.
 - f. att järnridån provas. Om det automatiska brandlarmet på scenen sätts på timer ska räddningstjänsten meddelas om detta!

Under föreställning

1. En av vakterna ska uppehålla sig på scenen under föreställningen.
2. Brandfarliga varor, t.ex. gasol, oljor eller liknande får ej användas såvida inte räddningstjänsten medgivit användning.
3. Vakten får ej avlägsna sig från scenen med undantag för tjänsteärende angående säkerhetsfrågor inom teatern.
4. Under pausen går en av vakterna en kontrollrunda.

Brandlarm under pågående föreställning

1. Säkerhetsvakt 1 beger sig till brandlarmcentralen där han undersöker var larmet utlösts. Han beger sig till platsen och konstaterar orsaken till larmet.
2. Säkerhetsvakt 2 informerar gästerna i teatern om hur de ska agera. Vid föreställning infinner han sig lämpligen vid scenen.
3. Kontakt upprättas snarast via telefon, radio eller liknande mellan de två säkerhetsvakterna, så att man tillsammans kan fatta beslut om lokalen ska utrymmas eller inte.
4. Via bibrandskåp tas kontakt med räddningstjänsten, för rådgivning om utrymning.

Vid brand

1. Vid konstaterad brand ska teatern utrymmas.
2. Säkerhetsvakt 1 som vet var larmet utlösts informerar säkerhetsvakt 2 om vilka utrymningsvägar som skall väljas.
3. Säkerhetsvakten som informerar gästerna ska dirigera dem till en uppsamlingsplats ute i teaterparken. Vid dåligt väder förs gästerna till Café 31 på Östergatan 31.
4. Säkerhetsvakt 1 försöker själv släcka branden om det är möjligt. I övrigt ska han vid brand på scenen kontrollera att järnridån har gått ner, annars utlöser han den manuellt.
5. Säkerhetsvakt 1 möter upp räddningstjänsten vid brandlarmcentralen.

Allmänt

1. 4 rullstolar i salongen på anvisade platser, är tillåtet. Inga lösa stolar eller rullstolar får förekomma i gångarna. Teaterföreställningen får ej påbörjas innan vakten givit klartecken.