

Brandteknisk riskvärdering av Stockholms stadsbibliotek



Av:
Emma Andersson
Erika Bengtsson
Thomas Berg
Max Coxner



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Handledare:
Karl Fridolf

Rapportnummer: 9465

Lund, 2014-05-22

Brandteknisk riskvärdering av Stockholms stadsbibliotek

**Emma Andersson
Erika Bengtsson
Thomas Berg
Max Coxner**

Lund 2014

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

Avdelningen för brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 00
brand@brand.lth.se

Dept of Fire Safety Engineering
Lund University
Box 118
S-221 00, Lund, Sweden
Telephone: +46 46-222 73 00
brand@brand.lth.se

Rapport / Report

Rapportnummer 9465

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Stockholms stadsbibliotek

Title

Fire safety evaluation of Stockholms stadsbibliotek (Stockholm Public Library)

Författare/Authors

Emma Andersson
Erika Bengtsson
Thomas Berg
Max Coxner

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, Stockholms stadsbibliotek, Fire Dynamic Simulator, SIMULEX, utrymning, rökfyllnad, strålning, CFD

Keywords

Fire safety evaluation, Stockholm Public Library, Fire Dynamic Simulator, SIMULEX, evacuation, smoke filling, radiation, CFD

Språk/Language

Svenska/Swedish

Omslagsfoto

Emma Andersson

Avdelningen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Maj 2014

Dept of Fire Safety Engineering, Lund University, Maj 2014

Abstract

This report is a fire safety evaluation of Stockholm Public Library. Using FDS5 and Simulex the library has been evaluated in regards to egress time and the time to untenable conditions. Certain criteria's apply to when untenable conditions are reached; these include smoke layer height, radiation, visibility and temperature. Three different fire scenarios have been studied in three different parts of the library. The design and assumptions made in the fire scenarios and their impact on the results are discussed in the report. The time to egress relative to the time to untenable conditions is unsatisfactory in one part of the building, barnavdelningen. This leads to that the level of safety is considered unacceptable in this part. Included in the report are appropriate measures to be taken to reach an acceptable level of safety. Suggestions to generally increase the level of safety for the public and increase property protection are also included.

Förord

Författarna vill tacka några personer för deras bidrag till denna rapport. Deras hjälp, rådgivning och handledning har varit ett stort stöd för oss under arbetets gång.

Karl Fridolf, Doktorand, Avdelning för brandteknik och riskhantering LTH, för en god handledning.

Robin Haglund med kollegor, Storstockholms brandförsvaret, för svar på frågor och ett gott samarbete vid platsbesök.

Lars Lindberg, Lokalintendent Stockholms stadsbibliotek, för svar på frågor och ett gott samarbete vid platsbesök.

Lars Frisk, Säkerhetschef, för svar på frågor och ett gott samarbete vid platsbesök.

Jonathan Wahlqvist, Doktorand, Avdelning för brandteknik och riskhantering LTH. För hjälp med FDS simuleringar.

Sammanfattning

Projektarbetet utgör huvuddelen av de examinerande momenten i kursen Brandteknisk riskvärdering, som är en del i brandingenjörsutbildningen på Lunds Tekniska Högskola. Syftet med projektet är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Stockholms stadsbibliotek. Målet är att utvärdera utrymningstider i kombination med simulering av brandförlopp för att kontrollera om utrymningskriterier uppfylls i den aktuella byggnaden. Målet är också att ge förslag på åtgärder som bidrar till ett bättre brandskydd. För att få en god insikt i hur brandskyddet är uppbyggt samt eventuell problematik vid utrymning, genomförs ett platsbesök i ett tidigt skede av projektarbetet.

Denna säkerhetsutvärdering genomförs med en scenarioanalys. Det innebär att ett fåtal möjliga scenarier för den aktuella byggnaden väljs ut. Dessa scenarier är tänkta att representera de värsta troliga fallen och täcka in övriga scenarier som kan uppstå. Möjliga riskscenarier studeras och genom att jämföra scenarierna med varandra väljs tre värsta troliga scenarier ut med avseende på konsekvens och sannolikhet. De tre scenarier som analyseras vidare är brand i sagorum, brand i bokhall 301 och brand i facksal 1.

Vid modellering av brandförlopp för samtliga tre scenarier används simuleringsprogrammet FDS, vilket är en CFD-modell. För att verifiera resultat från CFD-simulering görs jämförelse med handberäkningar. Beräkning av utrymningstider för samtliga scenarier görs med simuleringsprogrammet Simulex. Tiden det tar för personer att utrymma aktuella brandrum beräknas. Detta för att kunna jämföra utrymning ur dessa lokaler med beräknade förhållanden som råder i brandrummen. För att sedan avgöra om utrymning kan ske på ett tillfredställande sätt jämförs beräknad tid till kritiska förhållanden med beräknad utrymningstid för samtliga scenarier.

För att redogöra för de osäkerheter som är förknippade med beräkningar i rapporten utförs känslighetsanalys. Ett genomgående konservativt synsätt på problem kring osäkerhet har använts för hela rapporten, och osäkerheter hanteras alltså inte direkt utan indirekt.

Sammanfattningsvis anses säkerheten på biblioteket vara god. Det finns gott om utrymningvägar för den aktuella personbelastning, vilken i vanliga fall är relativt låg. Utifrån resultat bedöms utrymning kunna ske säkert för de dimensionerande scenarierna i bokhall 301 och facksal. Det kan konstateras att det fastslagna skyddsmålet inte uppfylls för det dimensionerande brandscenariot i sagorummet och således bedöms säkerheten för denna lokal bristfällig.

Rekommendationerna för åtgärder i biblioteket delas upp i två grupper, de som *ska* vidtas för att personsäkerheten ska kunna säkerställas och de som *bör* vidtas för ytterligare förbättra den befintliga situationen. Rekommendationer på förbättrande åtgärder är följande.

Åtgärder som *ska* genomföras:

- Tillåt inte användning av levande ljus i sagorummet
- Byt ut draperierna i sagorummet till annat alternativ eller till draperier av material med bättre flamskydd
- Kontroll av svällisterna mellan bokhall 301 och facksal 2-4

Åtgärder som *bör* genomföras:

- Ta bort skogränsen i sagorummet
- Kontrollera funktionen av den övermålade detektorn i sagorummet
- Undersök brandegenskaperna hos heltäckningsmattan i sagorummet
- Säkerställ att personalen i barnavdelningen är väl bekanta med brandskyddet
- Ta bort missledande skyltar för inre utrymningsväg i sagorummet
- Kontroll av brandgasventilationens funktion i bokhall 301
- Byt ut efterlysande skyltar mot enhetliga genomlysta skyltar
- Förändring av ogästvänliga utrymningsvägar
- Se över placering av utrymningsskyltar främst i facksal 2 och 4
- Utred möjligheten till breddade utrymningsvägar via de inre facksalarna
- Tydligare instruktioner gällande brandskydd för vikarier och korttidsanställda

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål.....	1
1.3 Metod.....	2
1.4 Avgränsningar och begränsningar	4
2. Skyddsmål	5
3. Systembeskrivning	7
3.1 Objektsbeskrivning.....	7
3.2 Befintligt brandskydd	9
3.2.1 Tekniskt brandskydd	9
3.2.2 Organisatoriskt brandskydd.....	14
3.2.3 Ventilation	16
3.2.4 Brister i befintligt brandskydd.....	17
4. Teori	23
4.1 Utrymning	23
4.2 Brandmodellering.....	24
5. Riskidentifiering.....	25
5.1 Statistik.....	26
5.2 Grovanalys.....	28
5.2.1 Plan 1	28
5.2.2 Plan 2.....	29
5.2.3 Plan 3.....	32
5.3 Riskmatris.....	37
6. Sagorummet.....	39
6.1 Effektutvecklingskurva.....	39
6.2 Brandmodell	40
6.3 Resultat brandsimulering.....	42
6.4 Utrymningsmodell.....	45
6.5 Resultat utrymningssimulering.....	48
6.6 Jämförelse resultat	49
6.7 Känslighetsanalys	50
6.8 Åtgärdsförslag	51
6.9 Verifiering av åtgärder	52
6.10 Kommentarer.....	53
7. Bokhall 301	55
7.1 Effektutvecklingskurva.....	55
7.2 Brandmodell	57
7.3 Resultat brandsimulering.....	58

7.4	Utrymningsmodell.....	61
7.5	Resultat utrymningssimulering.....	63
7.6	Jämförelse resultat.....	64
7.7	Känslighetsanalys.....	64
7.8	Åtgärdsförslag.....	65
7.9	Verifiering av åtgärder.....	66
7.10	Kommentarer.....	66
8.	Facksal 1.....	67
8.1	Effektutvecklingskurva.....	67
8.2	Brandmodell.....	68
8.3	Resultat brandsimulering.....	69
8.4	Utrymningsmodell.....	72
8.5	Resultat utrymningssimulering.....	73
8.6	Jämförelse resultat.....	74
8.7	Känslighetsanalys.....	74
8.8	Åtgärdsförslag.....	77
8.9	Verifiering av åtgärder.....	77
8.10	Kommentarer.....	78
9.	Diskussion.....	79
9.1	Metod.....	79
9.2	Brandmodellering.....	79
9.3	Utrymningsmodellering.....	80
9.4	Resultat.....	80
10.	Slutsats.....	81
	Litteraturförteckning.....	83
	Bilaga A. Ventilationssystem.....	85
	Bilaga B. Framtagning av effektutvecklingskurva, sagorummet.....	87
	Bilaga C. Framtagning av effektutvecklingskurva, bokhall 301.....	95
	Bilaga D. Framtagning av effektutvecklingskurva, facksal 1.....	98
	Bilaga E. Beskrivning av indata till FDS-simulering.....	100
	Bilaga F. Sikt.....	104
	Bilaga G. Strålningsberäkningar.....	105
	Bilaga H. Brandgasventilation.....	107
	Bilaga I. Beskrivning av utrymningsmodell.....	114
	Bilaga J. Indata FDS.....	117

1. Inledning

I rapporten utvärderas Stockholms stadsbibliotek med avseende på personsäkerhet i händelse av brand. I följande avsnitt beskrivs bakgrund, syfte och mål med projektarbetet, använda metoder, skyddsområde samt avgränsningar och begränsningar.

1.1 Bakgrund

Projektarbetet utgör huvuddelen av de examinerande momenten i kursen Brandteknisk riskvärdering, som är en del i brandingenjörsutbildningen på Lunds Tekniska Högskola. Rapporten riktar sig till studenter på brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola, verksamhetsansvariga för Stockholms stadsbibliotek samt Storstockholms brandförsvaret.

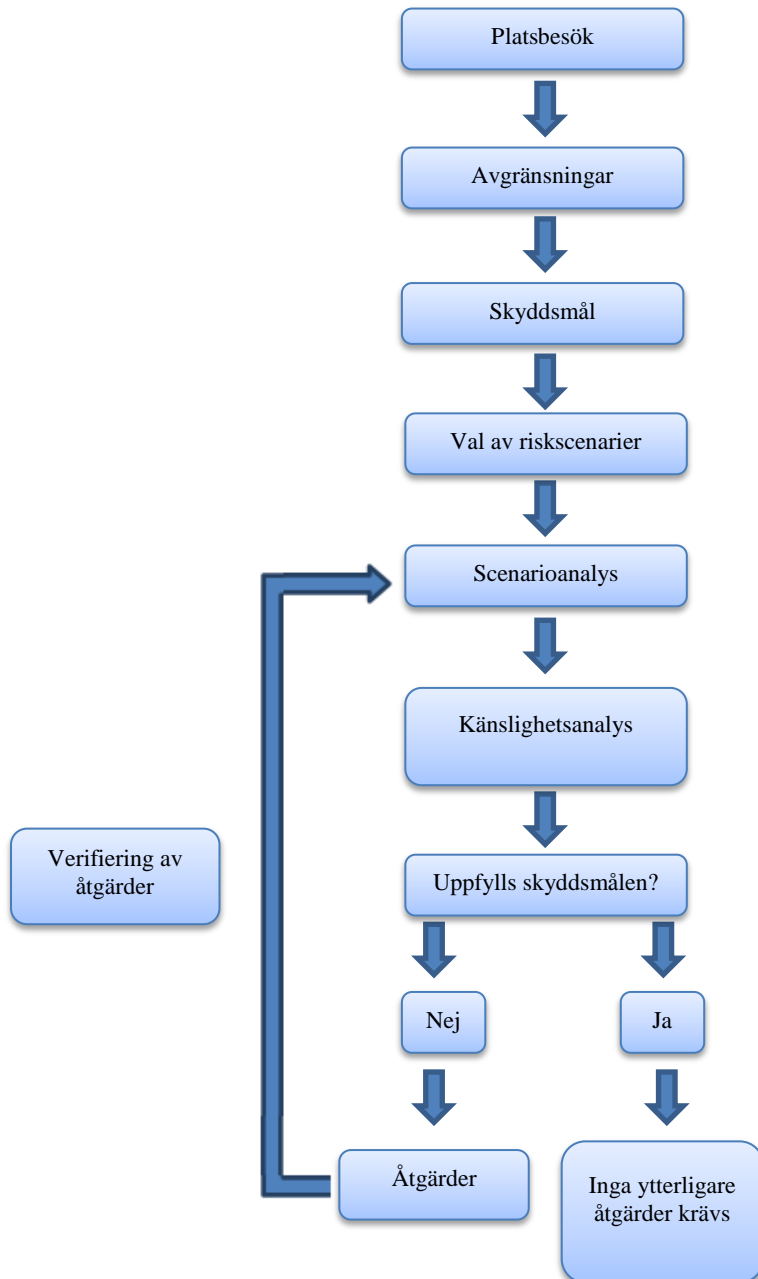
1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand på Stockholms stadsbibliotek för att säkerställa att denna är tillfredsställande. Utrymningsförhållanden och den totala brandsäkerheten utvärderas.

Målet är att utvärdera vilka risker som finns vid utrymning och uppkomst av brand med hjälp av scenarioanalys. Utrymningstider i kombination med simulering av brandförlopp används för att kontrollera om utrymningskriterier uppfylls och värdera riskerna i den aktuella byggnaden. Om det anses finnas behov av förbättring ska förslag på lämpliga åtgärder som bidrar till en ökad brand- och utrymningssäkerhet ges.

1.3 Metod

Vid genomförande av brandteknisk riskbedömningen av Stockholms stadsbibliotek används arbetsgången som visas i figur 1 nedan. Vid utförandet av riskbedömningen görs en deterministisk analys med utgångspunkt på osäkerhetsnivå 2 (Paté-Cornell, 1996), vilket innebär att troliga värsta fall kommer att studeras.



Figur 1. Arbetsgång för projektet.

Platsbesök

För att få en tydlig bild av hur byggnaden och dess befintliga brandskydd ser ut görs först ett platsbesök. Som underlag används ritningar och brandskyddsdokumentation. Under besöket ligger fokus på att utvärdera utrymningsmöjligheter vid olika brandscenarier. Detta kräver bland annat att information om dimensioner för utrymningsvägar och lokaler samlas in. Vid besöket erhålls även information om hur det systematiska brandskyddet fungerar. Informationen från besöket sammanställs sedan i en systembeskrivning.

Avgränsningar och begränsningar

Avgränsningar görs för att få en rimlig omfattning på analysen. Endast de delar som är relevanta för analysen granskas. Vissa begränsningar går inte heller att undvika, och det är viktigt att dessa lyfts fram så att analysen ger en rättvis bild av dess validitet.

Skyddsmål

Skyddsmål definieras, vilka resultat från beräkningar och simuleringar senare jämförs mot. Uppfylls inte skyddsmålen anses säkerheten inte vara tillräcklig. Vidare verifieras skyddsmålet mot ett antal acceptanskriterier. Dessa acceptanskriterier definieras utifrån skyddsmålen, det vill säga då förhållandena är så pass kritiska att skyddsmålen hotas. Denna fråga besvaras med hjälp av kvantifiering av exempelvis sikt, strålningsintensitet eller temperatur för att sedan kunna appliceras på simuleringar och beräkningar.

Val av riskscenarier

För att komma fram till vilka scenarier som ska analyseras görs först en grovanalys av möjliga brandscenarier i bibliotekets olika delar. De scenarier som anses mest allvarliga med avseende på personsäkerhet analyseras vidare. För att bestämma hur troliga scenarierna är görs en kvalitativ bedömning med stöd från statistik. Även konsekvenserna bedöms kvalitativt med exempelvis utgångspunkt i hur många som vistas i byggnadsdelen, hur utrymningsvägarna ser ut eller hur snabbt ett eventuellt brandförlopp skulle kunna leda till kritiska förhållanden. Sannolikheten och konsekvensen för respektive scenario jämförs sedan med varandra i en riskmatris. De scenarier som har högst konsekvens och sannolikhet bedöms vara de mest allvarliga och används sedan för ytterligare analys. Det är även viktigt att försöka välja ut scenarier som anses täcka in de flesta övriga tänkbara scenarier i byggnaden. Det innebär att det exempelvis kan vara klokt att välja olika typer av lokaler för att på så sätt utmana byggnaden på flera olika sätt.

Scenarioanalys

För de utvalda brandscenarierna undersöks utrymningstider som tillsammans med simulering av brandförlopp fram till kritiska tider visar om utrymningskriterierna i byggnaden uppfylls. Effektkurvor tas fram för respektive brandscenario av det förlopp som bedöms vara representativt för värsta troliga scenariot i lokalen med tillhörande effektutvecklingskurva. Motiveringar för eventuell spridning mellan objekt ska finnas beskrivet, samt förklaring och motivering av de antaganden som görs. Effektutvecklingskurvorna kommer att baseras på olika försök och experiment som liknar förhållandena i byggnadsdelarna. Dessa kurvor ligger sedan till grund för fortsatta beräkningar i analysen, och det är därför viktigt att dessa är rimliga men samtidigt konservativa så att de resultat som fås utifrån beräkningarna bedöms vara pålitliga. Riskscenarierna analyseras kvantitativt genom handberäkningar och simuleringar, samt kvalitativt genom insamlad information. De program som används vid simuleringarna är FDS och SIMULEX.

Känslighetsanalys

För att identifiera vilka parametrar som påverkar slutresultatet mest då dessa varieras genomförs en känslighetsanalys. Känslighetsanalys utförs efter utförda beräkningar genom att förändra ingående parametrar en åt gången för att se hur detta påverkar resultatet. Detta används sedan för att bedöma hur stor effekt gjorda antaganden har för resultatets giltighet. Det kan även användas för att testa resultatets robusthet, det vill säga undersöka hur applicerbart resultatet är vid förändring av parametrar, exempelvis vid användning av en annorlunda effektutveckling.

Jämförelse av resultat och skyddsmål

För att bedöma om det fastslagna skyddsmålet uppfylls jämförs utrymningstiden med tiden det tar till kritiska förhållanden föreligger. Resultatet av denna jämförelse utgör underlag för värdering av säkerhetsnivån.

Eventuella åtgärder

Då godtagbara förhållanden råder vid utrymning av biblioteket krävs inga ytterligare åtgärder. Om det däremot anses att utrymningen inte kan ske på ett säkert sätt ges förslag på åtgärder. Åtgärderna väljs med avseende på brandsäkerhet och genomförbarhet.

Verifiering av åtgärder

De föreslagna åtgärderna utvärderas för att få kunskap om ifall åtgärderna bidrar till en säkrare utrymning och i hur stor grad. Verifieringen sker exempelvis genom att nya beräkningar och simuleringar utförs. När skyddsmålen uppfylls krävs inga ytterligare åtgärder.

1.4 Avgränsningar och begränsningar

I analysen görs vissa avgränsningar. Detta för att intresse av analys saknas för vissa delar av byggnaden samt för att analysens omfattning ska bli mer hanterbar. Vad gäller avgränsningar inom byggnaden fokuserar analysen endast på de delar där allmänheten vistas. Detta innebär att alla lokaler som är avsedda enbart för personal bortses från. De våningsplan som granskas är plan 2, plan 3, samt till viss del plan 4, plan 5 och källarplan. Denna avgränsning görs av den anledningen att majoriteten av folket som vistas i byggnaden är besökare och att det därför är här svårigheterna med utrymning kommer ligga.

I analysen görs även avgränsningar på så sätt att endast personskador fokuseras på. Hänsyn tas alltså inte till ekonomiska skador och inte heller eventuella skador på miljö eller kulturella värden och intressen.

Analysen är även begränsad på så sätt att möjligheten till egna experiment och försök är mycket liten, varför den kommer baseras på resultat från andras experiment. Möjligheten att undersöka egenskaper hos materialen i byggnaden är även väldigt begränsad, och informationen kring dessa anses bristfällig.

2. Skyddsmål

Fokus i denna rapport ligger på att bedöma personsäkerhet vid utrymning och skyddsmålet begränsas därför till skador på människor. För att objektet skall anses säkert vid utrymning fastställs skyddsmålet till att de personer som befinner sig i byggnaden skall kunna genomföra en säker utrymning vid brand.

För att avgöra om det fastslagna skyddsmålet uppnås jämförs beräkningar av brandförloppet med acceptanskriterier. För att kunna jämföra dessa krävs att acceptanskriterierna är sådant kvantifierade att de är jämförbara med beräkningar. Acceptanskriterierna kvantifieras vanligen som gränsvärden gällande temperatur och strålning (Frantzich & Nystedt, 2011). Boverket har formulerat ett antal acceptanskriterier som är fastställda så att en person utsätts för en godtagbar exponering vid utrymning. Acceptanskriterierna väljs sådana att de anses ha ett kritiskt värde ur utrymningssynpunkt då de överskrids. För att uppfylla godtagbar nivå bör kriterium 1 eller 2 samt 3-5 nedan vara uppfyllda (Boverket, 2011).

1. Brandgaslager
Brandgaslagret höjd ovan golvet får som lägst vara $1,6+0,1 \times H$, där H =takhöjd i meter.
2. Siktbarhet
Sikten i lokalen bör vara minst 10 m (1obscura) i utrymmen som är större än 100 m^2 och som beskrivs som okända för den utrymmande personen. Sikten bör minst vara 5 m i utrymmen som är mindre än 100 m^2 och därmed beskrivs som välkända för den utrymmande personen.
3. Värmestrålning/ Värmedos
Den maximala infallande strålningen får inte överskrida $2,5 \text{ kW/m}^2$ vid långvarig exponering. Vid kortvarig exponering (vilket antas vara fallet vid utrymning) får inte den infallande strålningen överskrida 10 kW/m^2 . Värmedosen får inte överskrida 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m^2 .
4. Temperatur
Temperaturen på luften i lokalen som den utrymmande personen vistas i får inte överskrida 80° C .
5. Toxicitet
De kritiska förhållanden av giftiga gaser som inte får överskridas och en syrgasnivå som inte får underskridas 2 m ovanför golvet är:

Kolmonoxidkoncentration (CO) över 2000 ppm
Koldioxidkoncentration (CO₂) över 5 %
Syrgaskoncentration (O₂) under 15 %

(Boverket, 2011)

3. Systembeskrivning

I detta kapitel beskrivs det aktuella objektet samt det befintliga och organisatoriska brandskyddet.

3.1 Objektsbeskrivning

Stockholms stadsbibliotek ligger beläget i centrala Stockholm i korsningen mellan Odengatan och Sveavägen. Biblioteket bedriver en viktig verksamhet då det utgör en plats dit alla är välkomna att vistas och låna böcker. Besökarantalet uppnår cirka 1,2 miljoner/år, vilket motsvarar 3 000-4 000 dagligbesökare. Med vissa få undantag för olika program (vilka beskrivs tydligare senare) uppskattas personantalet inte överskrida det antal som lokalerna är dimensionerade för. Mest välbesökt är biblioteket under vår och höst. En översiktlig bild av byggnaden sett från huvudentrén med rotunda och olika plan visas i figur 2 nedan.



Figur 2. Bibliotekets huvudentré med fasad och rotunda.

Biblioteket invigdes 1928 och har endast genomgått mindre ombyggnationer sedan dess. Byggnadsstommen, golvbjälklag, bärande väggar och pelare består samtliga av betong. Byggnaden är uppbyggd i sju plan inklusive källarplan där plan 2 utgör entréplan. Inuti byggnaden finns tre stycken utvändiga ljusgårdar vars huvudsakliga syfte från början var att fungera som ljusinsläpp. I dagsläget används dessa även för installationsdragningar och utrymningsväg.

Källarplan, eller plan 1 används främst för magasinering av den litteratur som inte är uppställd i biblioteket. Ungefär halva bokbeståndet uppskattas stå magasinerat här. På plan 1 finns även sprinklercentralen, motorrum för reservkraftverk, elcentral och liknande placerade. I dagsläget är detta plan inte tillgängligt för allmänheten. Mindre besöksgrupper på 10-15 personer ledda av två personer från personalen har tidigare tillåtits för att komma åt litteraturen här, men på grund av problem med för höga radonhalter har denna möjlighet till besök för allmänheten tillfälligt tagits bort.

Plan 2 utgör entréplan. På detta plan finns kafeteria, barnavdelning, vissa personalutrymmen samt lokal där återlämnade böcker sorteras. Bokinlämningen sker i maskiner bredvid kafeterian på detta plan och leds via ett band in till boksorteringshallen som ligger placerad centralt i byggnaden.

Plan 3 är det plan där flest personer vistas. Centrerat i planet ligger bokhall 301 vilket är bibliotekets största utrymme, se figur 3 nedan. Detta är en cylinderformad bokhall med en största diameter på 26 meter och en höjd på 23 meter. Bokhallen börjar på plan 3 och sträcker sig sedan upp till taket. Bokhall 301 används stundvis till så kallade program som biblioteket anordnar uppskattningsvis en

gång i veckan. Dessa program kan vara exempelvis föreläsningar eller musikuppträdanden, då en tillfällig scen monteras och stolar och bänkar placeras ut för åskådarna. På planet finns även 5 stycken facksalar där skrivbord finns för möjlighet till studerande för besökarna. Dessa facksalar sträcker sig upp till plan 5 i höjded. Gemensamt för alla facksalar är takhöjden på cirka 7 meter.



Figur 3. Inuti rotundan, bokhall 301.

På plan 4 finns få ytor där folk kan vistas. Läktare kring facksal 3, se figur 4, samt första galleriet i bokhall 301 är egentligen de enda allmänna utrymmena. Första galleriet är en gång med bokhyllor runt bokhall 301, se figur 3. Ett personalcafé finns även placerat på planet.



Figur 4. Facksal med ett entresolplan.

På plan 5 ligger andra galleriet, vilket är en gång kring bokhall 301 likt det första galleriet. Plan 6 rymmer arbetsrum och kontor för personalen, och plan 7 är endast takyta samt ett mindre vindsutrymme där motor för höjning och sänkning av takkronan är placerad.

Utöver de lokaler som nämnts under planbeskrivningen ovan finns flera mindre utrymmen så som toaletter, kopieringsrum, städförråd och liknande på flera av våningsplanen.

3.2 Befintligt brandskydd

Nedan beskrivs det befintliga brandskyddet i byggnaden.

3.2.1 Tekniskt brandskydd

Nedan beskrivs de tekniska delarna av det befintliga brandskyddet.

Detektion och utrymning

Stadsbiblioteket är utrustat med flera olika typer av detektorer där majoriteten består av rökdetektorer. I tabell 1 nedan presenteras de olika typerna av detektorer som finns i byggnaden samt antalet som finns installerade.

Tabell 1. Olika typer av detektorer och antalet (Lindberg, 2014).

Värmedetektorer	Rökdetektorer	Linjerökdetektorer	Larmknapp	Larm från sprinkleranl.
9	214	9	9	1

I huvudsak används genomlysta skyltar för markering av utrymningsvägar. I vissa undantagsfall finns efterlysande skyltar monterade, se figur 5 nedan. Anledning till detta är i något fall att man vid montering inte velat borra i panelen för kabeldragning då denna har ett historiskt värde, i andra fall är dessa gamla skyltar som inte bytts ut till nya genomlysta. På några ställen har skyltarna kompletterats med röda blyxtljus intill skyltarna.



Figur 5. Genomlyst respektive efterlysande skylt.

Utrymningslarm är av typen akustiskt larm samt blyxtljus som i vissa fall kompletterats med skyltar med texten: "UTRYMNINGSLARM Lämna omedelbart byggnaden när larmsignal ljuder/lyser", se figur 6 nedan.



Figur 6. Larmdon, besökare och personal blir underrättade att de ska utrymma byggnaden genom att larmsignal ljuder och/ eller lyser samt att det finns beskrivande skyltar uppsatta. Denna anordning finns utsatt i offentliga delar av byggnaden.

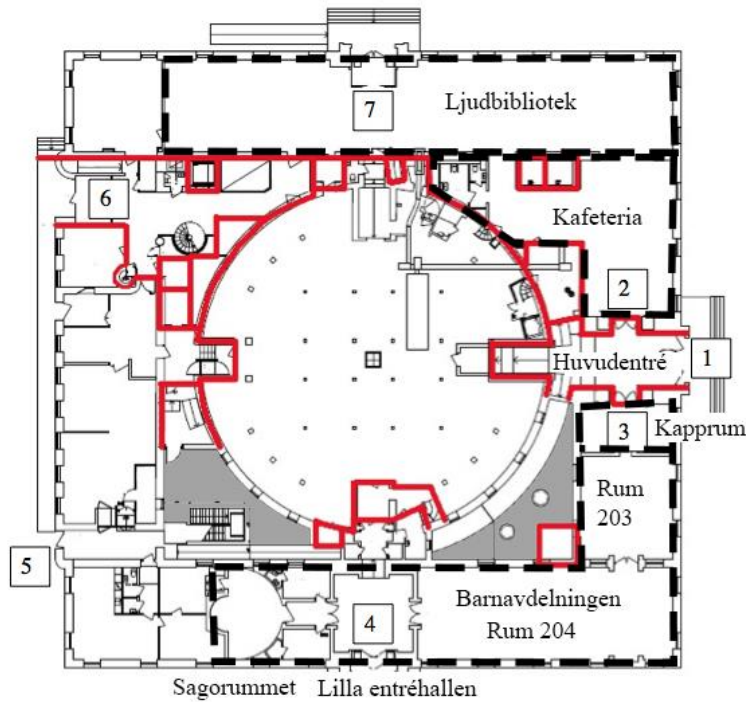
Utrymning sker för bibliotekets besökare till det fria via utgångar på plan 2 och 3, se utrymningsväg nummer 1, 4, 5, 6, 7 och 15 i figur 8a och 8b.

Runt om i lokalen finns tydliga utrymningsplaner utsatta som visar besökare vart de ska gå vid utrymning av byggnaden. Flera utrymningsvägar utgörs i byggnaden av dörrar som i vanliga fall är låsta för allmänheten. Dessa är då utrustade med nödöppnare som gör det möjligt att öppna dörren vid utrymning, se figur 7 nedan.



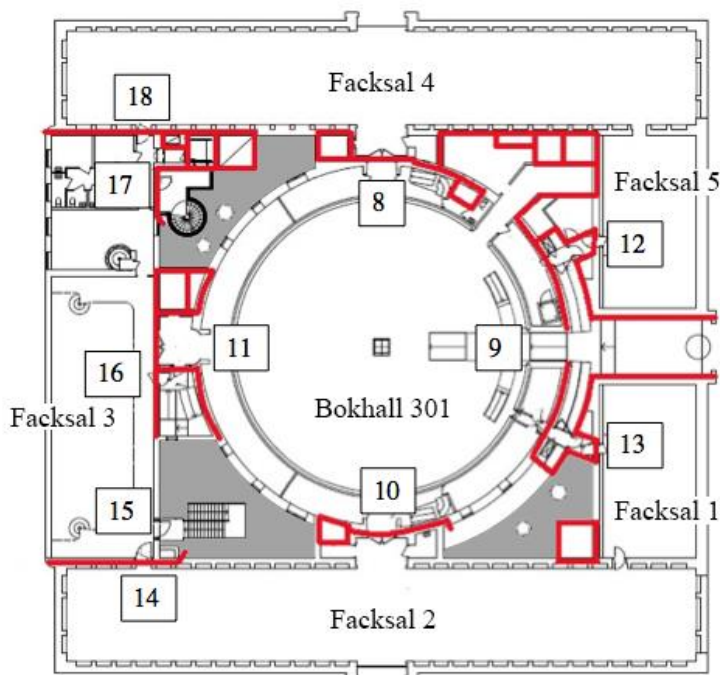
Figur 7. Nödöppnare som gör det möjligt för besökare att öppna och passera annars låsta dörrar vid utrymning.

Figur 8a-8d nedan visar numrerade utrymningsvägar samt brandcellsgränser inritade med rött för plan 2-5. Observera att de grå delarna utgör byggnadens ljusgårdar. Numrerade utrymningsvägar och utritade brandcellsgränser för plan 2 visas i figur 8a nedan.



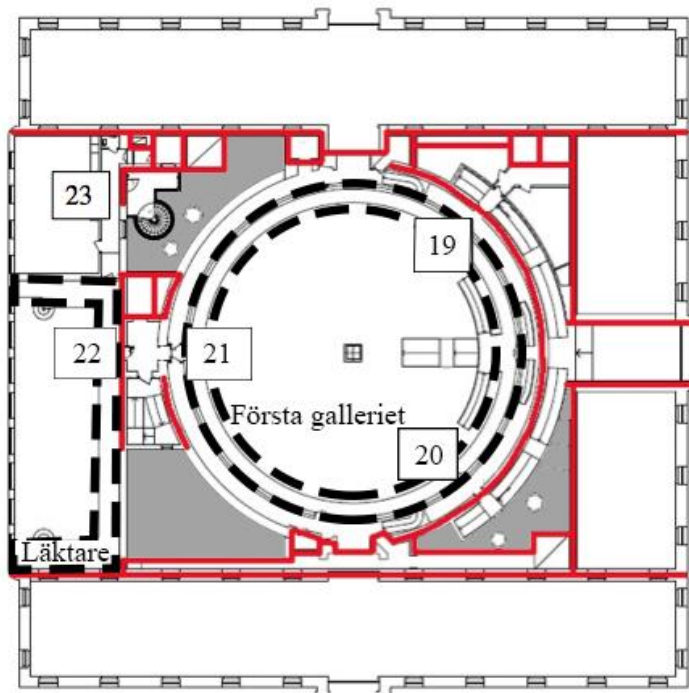
Figur 8a. Utrymningsvägar och brandcellsgränser för plan 2.

Numrerade utrymningsvägar och utritade brandcellsgränser för plan 3 visas i figur 8b nedan.



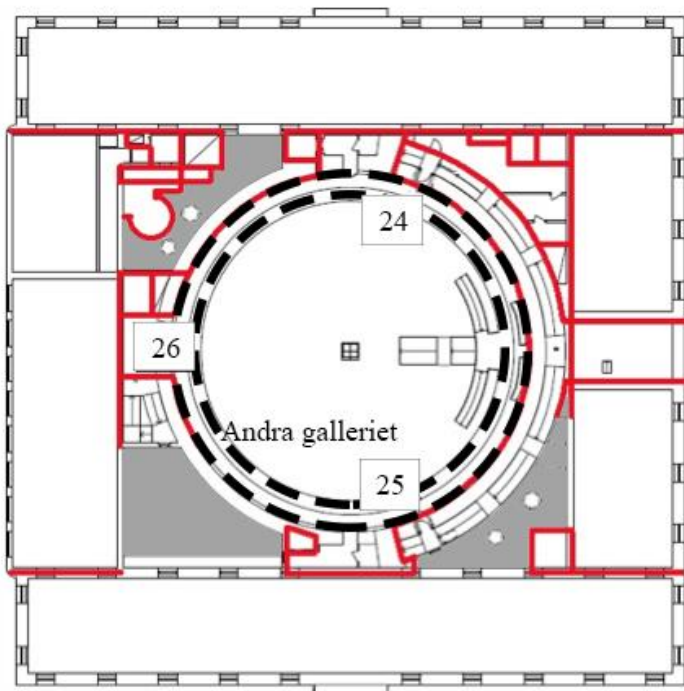
Figur 8b. Utrymningsvägar och brandcellsgränser för plan 3.

Numrerade utrymningsvägar och utritade brandcellsgränser för plan 4 visas i figur 8c nedan.



Figur 8c. Utrymningsvägar och brandcellsgränser för plan 4.

Numrerade utrymningsvägar och utritade brandcellsgränser för plan 5 visas i figur 8d nedan.



Figur 8d. Utrymningsvägar och brandcellsgränser för plan 5.

Brandcellsindelning

Biblioteket är indelat i ett flertal olika brandceller. För brandcellsindelningen på de publika planen (plan 2-5) se figur 8a-8d ovan.

De kritiska punkterna i brandcellsgränserna är för biblioteket i första hand dörrarna. De flesta dörrarna är av brandklass E 30 samt några av klass EI 30. Detta innebär att dörren antingen ska klara 30 minuters brand under standardiserat test med hänsyn till täthet (förhindra läckage av brandgaser) eller klara både täthet och värmeisolering under samma tid.

Flera av de dörrar som finns placerade i brandcellsgräns har ett historiskt värde för byggnaden och kan därför inte bytas ut. För att undvika detta har korrigeringar gjorts på dessa så att de ska uppfylla de krav som ställs på brandcellen. För att klara kraven som ställs på täthet har svällister monterats längs dörrbladens sidor, se figur 9 nedan. Dessa expanderar vid upphettning under eventuell brand och ser på så sätt till att utrymmet mellan dörrkarm och dörrblad blir tät. Glasen i dörrarna har även bytts till brandklassat glas. Automatiska dörrstängare med magnetupphängning är monterade på de dörrar som är placerade i brandcellsgränserna.



Figur 9. Exempel på var svällister sitter monterade på dörrblad.

Passaget där bokbandet för återlämning av böcker passerar kafeterian och fortsätter in i sorteringshallen innebär ett brott på en brandcellsgräns. Detta har lösts genom installation av en brandsäker lucka som fälls ner vid brandlarm och på så sätt ser till att brandcellsgränsen hålls tät.

Övrig utrustning

Nedan beskrivs övrig utrustning samt aktiva system som är relevant för brandskyddet.

Övrig utrustning och aktiva system utgörs av följande:

- **Brandgasventilation** - finns installerad i bokhall 301. Brandgasluckorna utgörs av 6 stycken öppningsbara fönster som roterar kring en vertikal, centrerad axel. Dessa 6 fönster är placerade i två grupper om tre fönster vardera. Aktivering av dessa görs av räddningstjänstens personal från centralenheten på plan 2.
- **Sprinkler** - endast installerade på plan 1, de vill säga källarplan.
- **UPS-system** - Byggnaden är försett med ett UPS-system (uninterruptible power supply) som utgörs av ett antal batterier. Detta är kopplat till vissa valda delar av allmänbelysningen samt nödbelysningen. Detta gör att belysning som krävs för säker utrymning kan fortsätta att fungera trots eventuellt avbrott på den ordinarie elförsörjningen. Det finns även ett dieseldrivet reservkraftsystem installerat i byggnaden.
- **Brandsläckare** - Alla brandsläckare i byggnaden utgörs av skumbrandsläckare och är i allmänhet tydligt utmärkta med skyltar.

Tidigare tillbud

Få tillbud har uppstått i byggnaden. Under 90-talet påträffades brand i papperskorg i anslutning till ett rökrum som då fanns tillgängligt. Denna brand gick dock att släcka med en hink vatten. Runt 2011 uppstod även komplikationer med rökutveckling i ett kretskort i en av elcentralerna. Punktdetektorer finns dock installerade i dessa elskåp och det gick därför snabbt att undvika brand även vid detta tillfälle. Personal på biblioteket uppger att de aldrig haft problem med anlagda bränder.

Hänsyn till funktionshinder

Någon egentlig strategi för utrymning av folk med funktionsnedsättning finns inte i dagsläget. Problemet uppstår på grund av de många trappor som måste passeras för utrymning och att dessa saknar ramper. Tanken är att folk med sådan funktionsnedsättning att passage av trappor inte är möjlig ska uppsöka en rökfri brandcell och invänta hjälp av räddningstjänstens personal. Det finns i dagsläget inga brandsäkra hissar.

3.2.2 Organisatoriskt brandskydd

Nedan beskrivs de organisatoriska delarna av brandskyddet. Det organisatoriska brandskyddet innefattar delar så som exempelvis hur personalen är instruerade att agera vid brand och hur besökarna hanteras i de olika lokalerna.

Vanliga besöksdagar är det mycket sällan några problem att begränsa antalet besökare till vad lokalerna i biblioteket är dimensionerade för. Detta reglerar sig mer eller mindre av sig självt då sittplatser finns i begränsat antal. Problematiskt kan det dock bli under de program som ibland arrangeras i byggnaden. Detta då vissa populära program kan locka fler personer än vad bokhall 301 där programmen hålls är dimensionerad för, det vill säga 250 personer. Problemet ligger i kontroll av antalet människor. Det är dels svårt att uppskatta antalet som vistas i lokalen då ingen kontroll finns på besökarna. Samtidigt är det svårt att hindra folk från att komma in i byggnaden då deras huvudsakliga syfte med besöket kanske inte är att kolla på programmet utan exempelvis att låna böcker i någon annan del av byggnaden.

Biblioteket har runt 80 stycken anställda varav ett antal av dessa brukar utgöras av vikarier. För att klara av att hålla verksamheten öppen krävs minst 15 personer från personalen. Maximalt är runt 30-40 personer från bibliotekspersonalen i tjänst samtidigt. De fastanställda som jobbat en längre tid genomgår en brandskyddsutbildning då de visas runt i byggnaden för att få information om brandskyddet. Denna visning görs i genomsnitt vartannat år och målet är att även praktikanter och deltidsanställda skall genomföra visningen. Bibliotekets enhetschef ansvarar för brandskyddsutbildning för personalen. För att öka kunskapen om brandskyddet bland personal genomfördes förra året en satsning för alla bibliotek i Stockholm. Enhetschefer för de olika biblioteken genomförde då en gemensam grundläggande brandskyddsövning (Lindberg, 2014).

För att skapa en uppfattning om hur det organisatoriska brandskyddet ser ut samt få en uppfattning om personalens beredskap vid brandtillbud genomfördes en enkätundersökning för personalen vid studiebesöket. Enkätundersökningen handlade främst om personalens kunskap vid eventuellt brandtillbud och utrymning. Enkäten delades ut till 9 personer som arbetade denna dag. Då det var relativt få som medverkade i undersökningen används den för att ge en fingervisning om brandskyddet. Resultatet av enkätundersökningen visas i tabell 2 nedan.

Tabell 2. Resultat av enkätundersökning.

Fråga	Ja	Nej	Kommentar
Om det skulle vara ett brandtillbud vet du hur brandlarmet låter?	5	4	Alla korttidsanställda och vikarier svarade nej på denna fråga.
Har du genomgått någon brandskyddsutbildning?	7	2	En person som varit vikarieanställd i 8 år har inte genomgått någon brandskyddsutbildning.
Vet du var släckutrustning finns?	7	2	En fastanställd person som arbetat i 30 år kände sig inte säker på var släckutrustningen finns.
Känner du dig säker på hur släckutrustning används?	4	5	
Har du fått instruktioner om vad som gäller vid utrymning? Ex. återsamlingsplats, utrymningsansvarig m.m.	7	2	
Anser du dig ha kunskap om var utrymningsvägarna finns?	7	2	

Vid enkätundersökningen förfrågades även personalen om de hade några övriga kommentarer gällande brandskyddet. Sammanfattningsvis för dessa övriga kommentarer var att personalen ansåg att det var viktigt med brandskyddsövningar. En anställd som arbetat en längre tid ansåg att det var viktigt med ständig repetition av brandskyddet och två korttidsanställda önskade få genomgå en brandskyddsutbildning.

Utifrån enkätundersökningen fås insikten att de jobbar med det organisatoriska brandskyddet på biblioteket. Det finns dock plats för förbättring då inte alla korttidsanställda och vikarier genomgår en brandskyddsutbildning.

3.2.3 Ventilation

I detta avsnitt beskrivs hur ventilationssystemet i stadsbiblioteket är uppbyggt med fokus på funktion vid brand. Det befintliga ventilationssystemet i stadsbiblioteket är av typen mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning. För de olika brandcellerna finns ventilationssystem som är uppbyggda på varierande vis. I första hand undersöks de ventilationssystem som finns i anslutning till de brandceller som är publika plan. I tabell 3 nedan beskrivs det befintliga ventilations uppbyggnad skydds metod vid en eventuell brand.

Tabell 3. Hur den befintliga ventilationen fungerar vid en brand.

Ventilationssystemets placering	Byggnadsdel	Drifthändelse vid brand	Säkerhetsåtgärd vid brand
Fläktrum i plan 1	Kontor i nord och västfasad i plan 1 tom. plan 6	Stoppar	Spjäll
Tak	WC i plan 2, 3 och 6	Kontinuerlig drift	Kontinuerlig drift samt tryckfallsförhållande
Fläktrum i plan 1	Plan 2	Saknar betydelse	Systemet avser endast en brandcell
Tak	WC i plan 1,2 och 6 samt lokaler i plan 1	Kontinuerlig drift	Kontinuerlig drift samt tryckfallsförhållande
Fläktrum i plan 1	Kontor i syd och östfasad i plan 1 t.o.m. plan 6 samt bokhallen	Stoppar	Spjäll
Fläktrum i plan 1	Del av plan 1	Stoppar	Spjäll
Tak	Plan 2	Saknar betydelse	Systemet avser endast en brandcell
Tak	Plan 2	Saknar betydelse	Systemet avser endast en brandcell
Fläktrum i plan 1	Bokhallen	Stoppar	Systemet avser endast en brandcell
Fläktrum i plan 1	Plan 2	Saknar betydelse	Systemet avser endast en brandcell

(Fagergren, 2004)

Brandgasspjäll har installerats i ventilationskanalerna intill en brandcellsgräns för att förhindra brandgasspridning. Spjällen fungerar genom att öppnas och stängas och styrs av ett styr- och övervakningssystem. Brandgasspjällen är utformade i den brandtekniska klass som den aktuella brandcellen är klassad enligt. Fläktarna stoppar direkt då en utplacerad rökdetektor i tilluftkanalen aktiverar.

De frånluftsfläktar som är i kontinuerlig drift vid händelse av brand betjänar främst WC grupper i olika plan. Dessa fläktar är dimensionerade så att tryckfallet över en stillastående fläkt är lågt. Detta innebär att fläktarna inte stannar vid händelse av brand utan är i fortsatt drift. Om fläktarna ändå skulle stanna så är fläktarna öppna och tryckfallet över fläktarna är lågt så att det i praktiken fungerar som rökavluftning.

Ytskiktet för befintliga kanaler i biblioteket består av stålplåt samt isolering av stenull. Detta är material som är obrännbara i helhet. Kanaler i biblioteket inom schakt som betjänar olika brandceller är isolerade i brandteknisk klass EI 30. Detta innebär skydd mot spridning av brand mellan aktuella brandceller i 30 minuter.

3.2.4 Brister i befintligt brandskydd

Under besöket observerades ett antal brister i brandskyddet som bör påpekas. Gällande detektion fanns det vid tiden för besöket ett antal detektorer som målats över, exempelvis i sagorummet vilken visas i figur 10 nedan. Detta kan innebära nedsatt funktion hos detektorn och fördröjd eller utebliven detektion ifall kåpan inte monterats ner och lackerats separat.



Figur 10. Övermålad rökdetektor placerad i sagorummet.

Ytterligare en sak som uppmärksammades under besöket var att det i vissa brandklassade dörrar saknades monterade svällister, se exempel i figur 11 nedan. Detta innebär att vid eventuell brand finns inget som tätar dörrarna och hindrar brandgaser från att sprida sig mellan brandcellerna. Detta gällde exempelvis dörren in till bokhall 301 från facksal 2. Att brandcellerna inte är täta beaktas i bedömning av utrymningssäkerheten.

Angående svällisterna är det även viktigt att poängtera att dessa endast expandera vid påverkan av värme. Detta kan resultera i att brandgaser sprids mellan brandceller om dessa inte har tillräcklig hög temperatur eller då strålningen från branden till dörren är för liten för att listerna ska expandera. Att stålningen är liten kan exempelvis bero på att branden är placerad långt ifrån dörren.



Figur 11. Exempel på utrymme mellan dörrblad där svällist saknas.

Under besöket uppmärksammades även att kontrollen av byggnadens UPS-system sköts bristfälligt. Som syns i figur 12 är senaste markeringen för kontroll 2006 vilket anses otillräckligt. Hur kontroll sköts för övrig utrustning är något oklart.

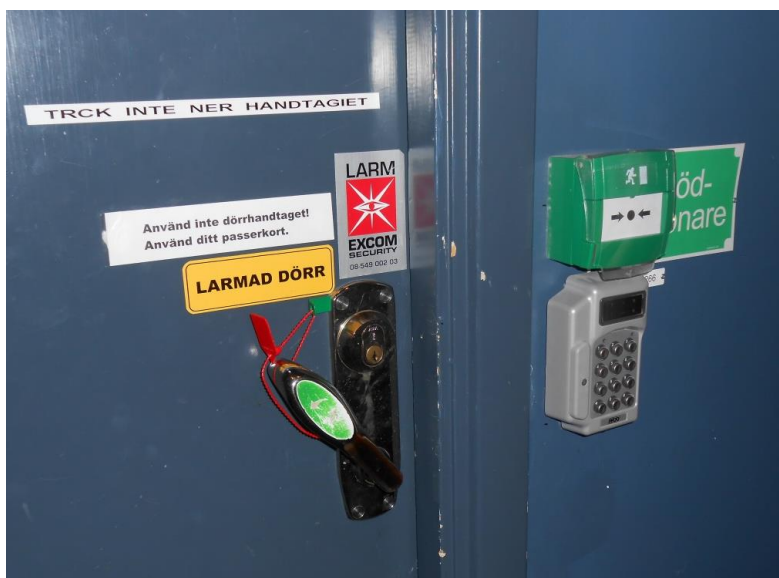
ENERGO®

Kontrollplan för nödbelysningsaggregat
Säkerhetsprovningsprotokoll

Installationsdatum					
Datum	Provtid	Temperatur	Utförd av	Godkänt	
				Ja	Nej
12/10-06	9 tim	21°	CO/Lennström		
	belastning	5,6 A +	2st Damsgöran	= 14,3A	/ 229V
	UPS dippade	2 sek = AA-stället	färdig		
	ej on-line	endast off-line			
	Skott	1440 - 1540			
22/11-06	2 tim	21	CO/Lennström	= 10,5A	/ 227V

Figur 12. Säkerhetsprovningsprotokollet med det senast utförda testet för UPS-systemet.

Vissa av de dörrar som är utrustade med nödöppnare har kompletterats med diverse skyltar, se figur 13 från sagorummet nedan. Detta anses utgöra en brist ur utrymningsynpunkt då dessa kan ge folk intrycket av att detta inte är någon lämplig väg att använda vid utrymning (Nilsson, 2009).



Figur 13. Exempel på en låst utrymningsväg i sagorummet med förvirrande skyltning.

Det finns några exempel på utrymningsskyltar i byggnaden som skulle kunna leda till missförstånd. Med detta syftas främst på de skyltar som visar vägen för folk i facksal 2 och facksal 4. Tanken med dessa skyltar är att folk ska utrymma via facksal 1 och 3 samt facksal 5 och 3, men vid platsbesöket upplevdes det nästan som att dessa istället visade vägen till utrymning via Bokhall 301 då de satt placerade i anslutning till dörren in till bokhallen, se figur 14 nedan. Med tanke på att folk i allmänhet kommit denna väg finns stor vilja att utrymma samma väg, och därför finns stor risk att dessa skyltar misstolkas. Utöver dessa skyltar satt en äldre efterlysande utrymningsskyltar placerade rakt ovanför öppningen in till bokhallen som visade vägen in till denna lokal, se figur 15 nedan. Detta skulle innebära problem då folk från bokhallen är tänkta att passera öppningen åt andra hållet vid utrymning och det skulle på så sätt uppstå en krock här.



Figur 14. Missvisande utrymningsskylt utplacerad ovan passage till bokhall 301 i facksal 2 som ser ut att visa utrymning via bokhallen.

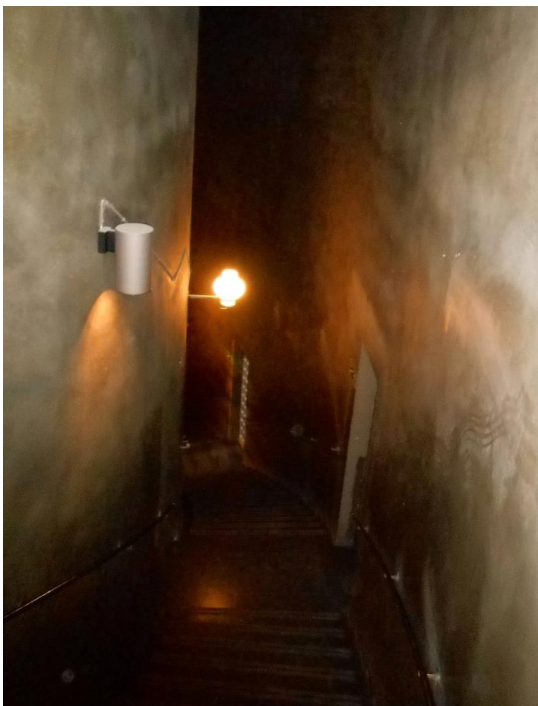
Felplacerad utrymningsskylt placerade rakt ovanför öppningen in till bokhallen som visar vägen in till denna lokal, se figur 15 nedan. Skyltning gör denna passage till utrymningsväg från båda hållen, vilket skulle innebära att utrymmande människor skulle kollidera vid utrymning.



Figur 15. Olämpligt utplacerad utrymningsskylt ovan passage till bokhall 301 i facksal 2, där utrymning i enlighet med denna skyltning här sker åt båda hållen genom öppningen.

Att använda enhetliga utrymningsskyltar är att föredra. Att de efterlysande skyltarna fortfarande finns uppsatta anses onödigt och de borde bytas ut till genomlysta skyltar.

Vissa av utrymningsvägarna i biblioteket upplevdes som mycket ogästvänliga och oinbjudande, se figur 16 nedan. Då folk ska gå den väg som det är tänkt är det viktigt att utforma utrymningsvägar så att de är ljusa, inbjudande och upplevs som en säker väg ut till det fria.



Figur 16. Exempel på ogästvänlig utrymningsväg.

Det uppmärksammas att utrymningsvägar från facksall 1 och 5 är betydligt smalare än övriga, 0,7 meter, se figur 17 nedan. Rekommendationer enligt förenklad dimensionering kräver en dörrbredd på minst 0,8 meter (Boverket, 2011). Detta kan medföra svårigheter vid utrymning för funktionsnedsatta. Då rullstolsburna är hänvisade att förflytta sig till annan brandcell och invänta räddningstjänstens personal kan dessa smala dörrbredder innebära problem då de utgör passager till fri brandcell.



Figur 17. En av de smala utrymningsvägarna i facksal 5.

Enligt avsnitt 3.2.2 har även vissa brister i det organisatoriska brandskyddet uppmärksammats. Detta är mestadels gällande utbildning för vikarier och korttidsanställda, vilket blev tydligt utifrån enkätundersökningen. Detta skulle kunna få störst konsekvenser vid utrymning av bokhall 301, då det här är stora folkmassor som ska dirigeras till flera utrymningsvägar för att motverka köbildning.

4. Teori

Detta kapitel syftar till att beskriva teori för analytisk dimensionering, säker utrymning samt de datorprogram som används i analysen.

4.1 Utrymning

Vid analytisk dimensionering bedöms utrymningen som säker enligt en modell som beskrivs nedan.

Tid för utrymning

För att uppfylla det skyddsmål som fastslagits skall de personer som befinner sig i byggnaden kunna lämna den säkert, vilket innebär att tiden till kritiska förhållanden skall vara tillräcklig för utrymning. Tiden det tar för personer att utrymma skall alltså vara mindre än den tillgängliga tiden och villkoret för säker utrymning beskrivs därför enligt:

$$t_{\text{tillgänglig}} > t_{\text{utrymning}}$$

Den tillgängliga tiden beskrivs som tiden från att brand uppstår till den tidpunkt då kritiska förhållanden i lokalen uppstår. Utrymningstiden är tiden det tar från att brand uppstår till att utrymmande personer befinner sig i säkerhet. Ett utrymningsförlopp innefattar ett antal olika skeden. För att beskriva utrymningstiden förenklas vanligtvis utrymningsprocessen genom att dela upp utrymningsförloppet i tre delkomponenter, varseblivningstid, förberedelsestid samt förflyttningstid. Den totala utrymningstiden utgörs av summan av dessa tre delkomponenter (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012).

Villkoret för det dimensionerande uttrycket för säker utrymning ges nedan:

$$t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{förberedelse}} + t_{\text{förflyttning}} < t_{\text{kritisk}}$$

Varseblivningstiden är den tid det tar, räknat från en eventuell brands uppkomst, för personer att upptäcka att något onormalt inträffat. Denna tid är beroende av ifall den utrymmande personen ser branden eller inte, samt om ett automatiskt brandlarm finns installerat som kan göra personen medveten om branden då den inte är synlig. Den teoretiska aktiveringstiden för en detektor kan användas i detta fall och beräknas utifrån en given brandutveckling. Detta då ett automatiskt brandlarm finns installerat i den aktuella byggnaden (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012).

Förberedelsestiden är den tid det tar för personer att förstå att det brinner och förbereda sig för att förflytta sig ut ur byggnaden. Denna tid beror till stor del av människors beteende och en rad olika faktorer spelar roll, exempelvis ifall det finns utrymningslarm samt tydliga vägledande markeringar och skyltar. Personalens agerande kan vara en faktor som kan hjälpa till att få personer att påbörja utrymning tidigare. Förberedelsestiden kan inte beräknas utan uppskattas utifrån kunskap om människors beteende vid inträffade bränder och utrymningsförsök (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012).

Förflyttningstiden är den tiden det tar för de utrymmande personerna att förflytta sig till en säker plats. Denna tid beror bland annat på hur många personer som befinner sig i byggnaden, bredden på dörröppningar, personers förmåga att förflytta sig samt yttre faktorer så som belysning och utrymningsskyltar. Den tid utrymmande personer får vänta i köer på grund av uppstående flaskhalsar innefattas i denna tid (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012).

Simulex

Simulex är ett datorprogram där det är möjligt att simulera utrymning av många människor ur stora och komplexa byggnader. Vid simulering ges möjlighet att observera utrymningstid samt eventuell köbildning vid dörröppning, så kallad flaskhals-formation. Simulex baseras på mänskligt beteende från gjorda undersökningar gällande hur individer förflyttar sig i sammanhang med andra människor. För Simulex finns ett flertal osäkerheter vid användning av programmet och bland annat beaktas inte faktorer som social påverkan och mänskligt beteende. Användaren definierar valfri byggnad och har även möjlighet att definiera personerna som vistas i byggnaden. Egenskaper för personerna som är

möjliga att anpassa är gånghastighet, storlek, kön, varseblivningstid samt fördelning av olika persontyper. Gånghastigheten som anges gäller för plana ytor där personen kan röra sig oberört. Gånghastigheten för personerna i programmet varierar beroende på avstånd till framförvarande (IES, 2009).

Simulex tar hänsyn till närmaste avstånd till en utrymningsväg (IES, 2009). Vidare kan det vara svårt att styra de utrymnande personernas val av väg till en utrymningsväg då personer tar den kortaste vägen vid simuleringen. Detta kan leda till att fler personer väljer samma väg vid jämförelse med en verklig utrymningsituation. Således tar programmet inte hänsyn till personers tålmod att stå och köa och trängas. Vid en verklig situation väljer troligen en del personer en alternativ utrymningsväg då trängsel uppstår. Detta är ett konservativt antagande då utrymningstiden blir något längre vid simulering.

4.2 Brandmodellering

För att kunna beskriva och beräkna brandförloppen i bygganden för de dimensionerande brandscenarierna används brandmodeller. Exempel på modelltyper som kan användas är handberäkningsmodeller, zonmodeller och fältmodeller (CFD-modeller). De brandmodeller som väljs ska på ett förenklat sätt representera förhållandena i byggnaden. Beroende på vilken typ av byggnad som ska undersökas är olika modeller mer lämpliga att använda (Frantzich & Nystedt, 2011). Då alla modeller har begränsningar och flertalet antaganden och förenklingar har gjorts vid modellering av brandförloppen beskrivs dessa i detta kapitel.

CFD-modeller bygger på att en geometri delas upp i tusentals olika celler där temperatur och andra variabler beräknas för varje cell. Simuleringsprogramet Fire Dynamic Simulator (FDS) är en typ av CFD-modell utvecklad av NIST i USA. FDS löser Navier-Stokes ekvationer för flödesdynamik numeriskt i varje cell. Detta innebär att för varje kontrollvolym/cell beräknar programmet kontinuitetsekvationer för massa, rörelsemängd och energi. FDS använder en så kallad LES (Large Eddy Simulation)-modell för att beräkna turbulens. I en LES-modell görs små tidssteg för varje lösning vilket ger en ögonblicksbild vid en viss tidpunkt i en cell, LES simulerar också stora och små virvlar som bildas i till exempel en brandplym. Dessa virvlar är viktiga för inblandningen av luft i plymen och modellen är därför lämplig att använda på de flöden som uppstår vid bränder (Frantzich & Nystedt, 2011).

En av de viktigaste parametrarna vid användning av FDS är storleken på kontrollvolymerna (cellerna). Ju mindre cellerna är desto mer noggrant kan bland annat inblandningen av luft i plymen simuleras, men detta förlänger tiden för simulering. Det finns ett samband mellan den optimala cellstorleken i FDS och brandens effektutveckling (Frantzich & Nystedt, 2011). Utifrån manualen för FDS kan en förenklad kontroll av vilken cellstorlek som kan tänkas lämplig att använda utföras. Denna kontroll bygger bland annat på brandens effektutveckling, och sambandet resulterar i uttrycket D^*/dx . Där dx är längden för en kontrollvolym/cell och D^* är den karaktäristiska diametern som bland annat bygger på effektutvecklingen för branden som skall modelleras. Den största cellstorleken som anses lämplig enligt denna kontroll har ett värde större eller lika med $D^*/dx=4$ (NIST, 2007). Enligt rekommendationer bör en cellstorlek på 0,125 meter användas för samlingslokaler då effektutveckling uppnår ett maximalt värde på 10 MW (SFPE, 2013). Användning av en liten cellstorlek ger dock en lång simuleringstid, ju mindre cellstorlek som används desto längre simuleringstid. Då cellstorleken halveras i FDS blir simuleringstiden 8 gånger längre.

Andra modeller kan användas med fördel vid enklare geometrier och problem för att snabbt generera resultat. Exempel på sådana modeller kan vara tvåzonsmodeller eller RANS. SOFIE är en sådan metod som använder sig av RANS, som till skillnad från LES inte på samma sätt kan simulera de virvlar som uppstår. RANS använder sig av ett tidsmedelvärde i sin lösning vilket gör att en brand liknar mer en laminär flamma än en turbulent. I en tvåzonsmodell delas en geometri upp i två zoner. Förhållandena inom en zon är desamma oavsett var i geometrin. Zonmodeller är vanligtvis enklare att använda och mindre tidskrävande än CFD-modeller. Giltigheten för zonmodeller begränsas dock till enkla geometrier och okomplicerade problem.

5. Riskidentifiering

Denna säkerhetsutvärdering genomförs med en så kallad scenarioanalys. Det innebär att ett fåtal möjliga scenarier för den aktuella byggnaden väljs ut. Dessa scenarier är tänkta att representera de värsta troliga fallen och täcker in övriga scenarier som kan tänkas uppstå. Osäkerheter för denna typ av analys hanteras inte direkt utan indirekt genom att val av scenarier görs på ett konservativt sätt (Frantzich & Nystedt, 2011).

De simuleringar som utförs i arbetet baseras på ett antal riskscenarier. Dessa väljs genom riskidentifiering för att utgöra värsta troliga fall, detta för att utmana systemen så mycket det går utan att det blir osannolikt. Möjliga scenarier identifieras och därefter görs en kvalitativ bedömning av hur sannolikt ett scenario är och vilken konsekvens det kan tänkas få. Konsekvens och sannolikhet uppskattas med hjälp skalan 1-5, där 1 motsvarar minsta konsekvens och lägsta sannolikhet och 5 motsvarar största konsekvens och högsta sannolikhet, se tabell 4 nedan. Graderingarna för varje scenario är relativt de övriga.

Tabell 4. Förklaring av den skala som används för bedömning av sannolikhet och konsekvens.

Bedömning	Sannolikhet, konsekvens
1	Mycket låg/liten
2	Låg/liten
3	Medel hög/stor
4	Hög/stor
5	Mycket hög/stor

Konsekvenserna bedöms utifrån det fastslagna skyddsmål, det vill säga att utrymningen ska vara säker för utrymmande personer i byggnaden. Ett kritiskt värde ur utrymningssynpunkt är ett kraftigt brandförlopp i kombination med komplikationer vid utrymning. Därför kommer fokus ligga på att identifiera brandförlopp som är placerade på ett sådant sätt att de försvårar utrymning av lokalen.

Vid sannolikhetsbedömning tas hänsyn till lokalens struktur för att uppskatta potentiella brandorsaker. Den statistik som används som stöd för sannolikhetsbedömningen gäller för byggnader som kan jämföras med biblioteket men kan inte anses vara helt representativ för den aktuella byggnaden. Statistiken kan dock med fördel användas som ett underlag för att bedöma hur olika brandorsaker förhåller sig till varandra. Viss hänsyn tas även till sannolikheten att personalen upptäcker en eventuell brand och hinner göra ett ingripande och släcka elden. Denna bedömning grundas i information som erhållits vid den utförda enkätundersökningen, se avsnitt 3.2.2. Vid identifiering av brandscenerierna är det nödvändigt att bestämma alla förutsättningar och egenskaper som är specifika för de olika bränderna.

Hur stora konsekvenserna blir påverkas av hur lättantändliga materialen är och hastigheten av brandförloppet. Brandens initiala skede avgörs av antändningskällan. Tillväxthastigheten och den maximala effektutvecklingen bestäms av brandrummets geometri, möjlighet till brandspridning, ventilation och öppningar (Frantzich & Nystedt, 2011). Om det är troligt att brandens förutsättningar ändras medan utrymning sker kommer detta att tas hänsyn till.

Metoden som används för att identifiera de värsta troliga scenarierna är att olika avdelningar av byggnaden först granskas var för sig. Uppdelningen som görs är sådan att liknande lokaler med avseende på uppbyggnad och brandrisker granskas tillsammans för att göra det hela mer överskådligt. Utifrån varje byggnadsdel väljs sedan ett eller två scenarier ut som antas vara de värsta möjliga i just denna byggnadsdel. Scenariot som väljs bör samtidigt täcka in flera övriga tänkbara scenarier i byggnadsdelen.

De byggnadsdelar som kommer granskas är:

Plan 1

- Källarplan

Plan 2

- Barnavdelningen (kapprum, rum 203, rum 204 och sagorummet)
- Kafeteria och ljudbibliotek

Plan 3

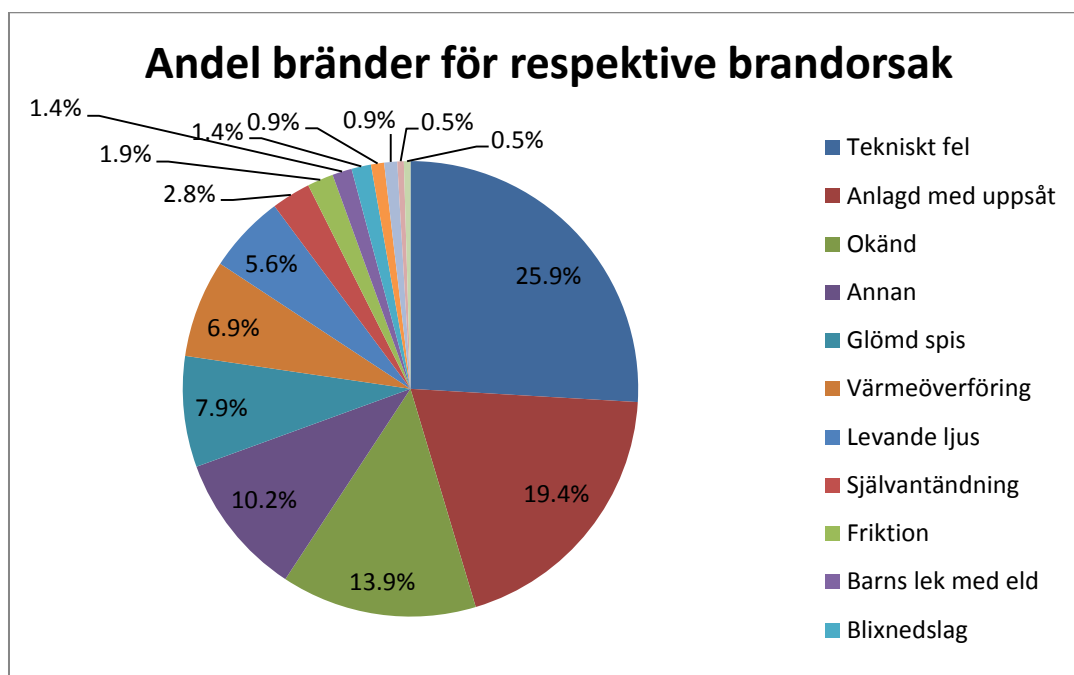
- Bokhall 301 (inklusive första och andra gallerian på plan 4 och plan 5)
- Facksal 1,2,3,4,5 (inklusive läktare på plan 4)

Riskscenarierna för de olika byggnadsdelarna placeras sedan i en riskmatris för att åskådliggöra vilka scenarier som har högst sannolikhet och konsekvens. Utifrån riskmatrisen belyses risken och de två eller tre värsta troliga scenarier för hela byggnaden väljs. Dessa behandlas sedan noggrannare i analysen.

5.1 Statistik

För att bedöma hur sannolika brandorsakerna är och vilka startutrymmen som är vanligast används statistik över bränder i publika lokaler så som teatrar, biograf, museum och bibliotek. Underlaget kommer att ligga till grund för bedömningen av vilka brandscenarier som är vanligast för bibliotek och därför bör undersökas noggrannare.

Figur 18 nedan visar fördelningen av andelen bränder för samtliga brandorsaker och är baserad på insatsstatistik för åren 2005 till 2012 i hela Sverige. Antalet insatser är hopräknat för teater, biograf, museum och bibliotek till det sammanlagda antalet insatser, som är 216 för de åtta åren (MSB, 2013).



Figur 18 - Fördelningen av andelen bränder för samtliga brandorsake (MSB, 2013).

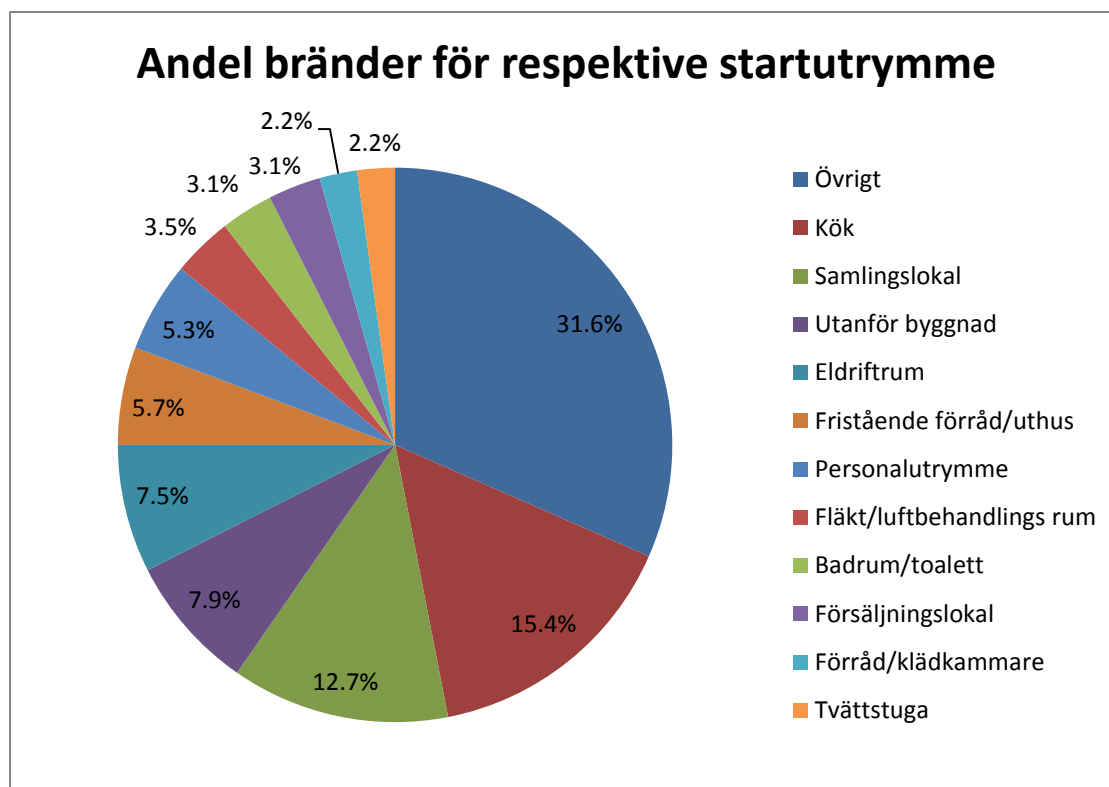
Enligt figur 18 är de vanligaste brandorsakerna tekniskt fel och anlagd brand. Glömd spis, värmeöverföring och levande ljus är även relativt vanliga och självantändning, friktion, barns lek med eld och blixtorsak är minst frekventa. Det anses osannolikt att spis är en brandorsak i de offentliga lokalerna då endast vissa av personalutrymmena är utrustade med spis.

Värmeöverföring innebär att värme leds från till exempel elradiator till ett antändningsmaterial och att det värms upp till antändningstemperatur. Detta är en möjlig brandorsak i biblioteket.

Eftersom figur 18 endast redovisar orsaken till bränder allmänt för teater, biograf, museum och bibliotek och inte specifikt för bibliotek är det troligt att statistik över brandorsaker för bibliotek skiljer sig något. Eftersom en stor del av besökarna utgörs av barn och ungdomar är det troligt att sannolikheten för avsiktligt anlagda bränder är något högre än den generella sannolikheten för teatrar, biograf, museum och bibliotek. Detta med hänsyn till att 60 % av alla anlagda bränder i samhället orsakas av barn och ungdomar under 18 år (MSB, 2013). Det bör dock påpekas att biblioteket tidigare inte haft problem med anlagda bränder, se avsnitt 3.2.1.

Statistiken för andelen bränder beroende på brandorsak baseras som sagt på insatsstatistik och inte på andelen bränder. Insatsstatistiken är dock beroende av andelen bränder och därför anses statistiken baserad på insatser kunna ge ett övergripande underlag för andelen bränder, även om inte alla bränder rapporteras till räddningstjänsten på grund av att personal och allmänheten släcker branden på egen hand.

Vanliga startutrymmen för bränder visas i figur 19 nedan.



Figur 19. Statistik över vanligaste startutrymmen för bränder (MSB, 2013).

Utifrån statistiken som figur 19 bygger på är de vanligaste startutrymmena för anlagd brand gällande teatrar, biograf, museum och bibliotek utanför byggnad och i samlingslokal. Badrum och toaletter är även ganska sannolika. De vanligaste startutrymmena för ett tekniskt fel är eldriftrum och samlingslokal. Eftersom ytterväggarna av Stockholms stadsbibliotek består av tegel är sannolikheten liten att det skulle uppstå en brand utanför byggnaden som skulle sprida sig in i biblioteket (MSB, 2013).

Sammanfattningsvis bedöms de fyra vanligaste brandorsakerna i biblioteket vara tekniskt fel, avsiktligt anlagd brand, värmeöverföring och levande ljus. De vanligaste startutrymmena för anlagd brand bedöms samlingslokaler och toaletter. Då ett tekniskt fel uppstår i biblioteket sker detta med störst sannolikhet i eldriftrum eller samlingslokal. Bedömningsvis kan en brand orsakad av

värmeöverföring ske i utrymmen där elradiatorer, lampor och i övrigt varma aggregat finns. Då lokaler och föremål skiljer sig för olika bibliotek kan inte brandorsaker och brandutrymmen som saknar statistik uteslutas. Bland annat kan det vara bra att utvärdera säkerheten i plan 3 med utgångspunkt att det sker ett tekniskt fel i den elektriska utrustning som är placerad där.

5.2 Grovanalys

Nedan diskuteras möjliga riskscenarier för varje byggnadsdel som kan tänkas uppstå i byggnaden. Vidare specificeras ett värsta troligt scenario för varje avdelning. Dessa värsta troliga scenarier bedöms med avseende på sannolikhet och konsekvens.

5.2.1 Plan 1

Plan 1 behandlas som en byggnadsdel, källarplan. Detta för att besökarantalet är så pass lågt i denna del och besöken hit sker under kontrollerade former.

Källarplan

Brand i källare kan i allmänhet innebära många komplikationer då det ofta är lokaler som är låga i tak, svåra att ventileras och komma åt för räddningstjänstens personal. Kritiska förhållanden kan snabbt uppstå. Bibliotekets källarplan är dessutom ett plan med hög brandbelastning i form av all den litteratur som magasineras. Vidare finns risk för hög effektutveckling vid en eventuell brand i källaren. Dock är hela planet utrustat med sprinklersystem varför utvecklingen av en eventuell brand skulle minskas. Ur utrymningssynpunkt är källare ofta problematiska, och de utrymningsvägar som finns i bibliotekets källare är smala. I figur 20 nedan visas ett exempel på en av gångarna vid magasinen i källaren.



Figur 20. En av gångarna nere i magasinet i källaren.

Speciellt för biblioteket är att besökare endast vistas här i mindre grupper och då tillsammans med två anställda som är redo att hjälpa till då utrymning krävs. Med tanke på att planet är utrustat med sprinkler och att besökarna endast vistas i små grupper tillsammans med anställda bedöms konsekvenserna som låg.

På källarplan finns flera kritiska utrymmen. Det finns bland annat elcentraler, fläktrum och motorrum för reservkraften. Detta innebär att det finns relativt många ställen där brand kan uppstå på grund av elfel. Då källaren är ett plan som är svåråtkomligt för allmänheten bedöms sannolikheten för anlagd brand vara liten. Den sammanlagda sannolikheten för brand på källarplan bedöms ändå vara hög, detta på grund av de många kritiska utrymmena.

Scenario 1

Ett värsta troligt brandscenario för källarplanet är att en brand uppstår på grund av ett tekniskt fel och antänder de magasin fyllda med böcker som finns i källaren. Vidare antas branden ske då besökare befinner sig på detta plan och på så vis försvårar utrymningen. Utifrån bedömningen ovan graderas sannolikhet och konsekvens för scenariot nedan.

Sannolikhetsbedömning: 4

Konsekvensbedömning: 2

5.2.2 Plan 2

Plan 2 hyser tre avdelningar för allmänheten, vilket gör detta plan extra viktigt att undersöka. Planet har totalt fem stycken utrymningsvägar ut till det fria.

Barnavdelningen (kapprum, rum 203, rum 204 och sagorummet)

Barnavdelningen innebär flera kritiska faktorer ur brandsäkerhetssynpunkt. Anledningen till detta är att här vistas barn som har svårigheter att utrymma på egen hand. Det finns även risk att den förberedande tid som krävs innan utrymning kan påbörjas förlängs. Detta då föräldrar kan tvingas leta upp sina barn i de fall då de vistas i olika delar av lokalen. Problematiskt vid utrymning kan även vara barnvagnar som hamnar i vägen vid kapprummet och på så sätt hindrar möjligheten för folk att ta sig ut.

För de olika rummen i barnavdelningen kan ett antal olika brandscenarier inträffa. Hela barnavdelningen har relativt lågt i tak varför utveckling av brandgaslager skulle kunna gå snabbt. I avdelningen finns 3 markerade utrymningsvägar, via huvudentrén, entréhall 205 samt via personalutrymnen bakom sagorummet. Det finns även en lägre trappa i entréhall 205 som leder upp till en ingång till bokhall 301 och denna trappa är inte en markerad utrymningsväg.

Brandbelastningen i rum 203 och 204 består främst av bord och stolar, bokhyllor, boklådor och eventuella bokvagnar. Då lokalerna är rymliga, lätt överblickbara, det finns tydliga utrymnings skyltar och breda utrymningsvägar anses dessa lokaler inte vara utmärkande problematiska ur utrymnings synpunkt. Då personal alltid antas befinna sig i dessa lokaler bedöms det troligt att personal kan göra ett tidigt ingripande vid en eventuell brand. I figur 21 nedan visas en bild över rum 203 i barnavdelningen.



Figur 21. Rum 203 i barnavdelningen.

Brandbelastningen i kapprummet består framförallt av barnvagnar och ytterkläder, vilket inte bedöms kunna ge en utmärkande hög effektutveckling vid en eventuell brand i förhållande till rumsvolymen. Besökare antas inte vistas i kapprummet under en längre tid vilket gör det lätt att utrymma utan att trängsel uppstår.

Sagorummet är uppbyggt som en halvcirkel och används till högläsning för barn. De möbler som finns i rummet är två bänkrader med dynor, en bokhylla och eventuella bokvagnar. I rummet får det vistas max 20 personer. Längs väggarna som går utmed cirkelbågen hänger draperier som går från golv till tak. Dessa används troligen för ljudisolering och det är okänt om draperierna är flamskyddade. Golvet utgörs av en heltäckningsmatta och en skogräns finns vid ingången till rummet. Den utrymningsväg som leder vidare till personalutrymmena är larmad och försedd med utrymningsbeslag och skyltar för detta. Personalen uppmanas att inte använda levande ljus, dock följs inte detta alltid. Då sagorummet ligger avskilt ökar risken för anlagd brand, i ett sådant scenario skulle inte besökare befinna sig i rummet och utrymning blir då inte ett problem. I figur 22 nedan visas en bild på draperierna och bänkraderna i sagorummet.



Figur 22. Interiören i sagorummet.

Scenario 2

Ett värsta troligt brandscenario för barnavdelningen är att en brand uppstår i sagorummet. Här vistas många människor på en liten yta, brandbelastningen är mycket hög i förhållande till rumsvolymen samt är den inre utrymningsvägen dåligt markerad. En trolig antändningskälla för sagorummet är en öppen låga från ett stearinljus. Ett möjligt brandscenario är att tyget för draperi (se figur 22) antänds av lågan från ljuset och att brandspridning sker hastigt i draperierna. Möjlighet finns att branden sprider sig till närliggande bänkrad, bokhyllan och bokvagn. Det är även troligt att mattan antänds på grund av strålning från samtliga föremål. Det antas att branden inträffar under en högläsning då rummet är fullsatt. Totalt får det maximalt vistas 20 personer samtidigt i rummet, detta upplevs dock som ett hinder av verksamheten och det kan inte garanteras att det inte vistas fler personer i rummet. På grund av tyget utmed väggarna och heltäckningsmattan på golvet antas en brandutveckling kunna ske hastigt och uppnå hög effektutveckling med avseende på rummets storlek. Skogränsen, hög persontäthet och den larmade utrymningsvägen kan leda till fördröjd utrymning. Dessutom sker utrymning av lokal oftast av den utgång som folket kom in i lokalen genom (Sime, 1985), vilket kan fördröja utrymningen ytterligare. Utifrån bedömningen ovan graderas sannolikhet och konsekvens för scenariot nedan.

Sannolikhetsbedömning: 3

Konsekvensbedömning: 5

Kafeteria och ljudbiblioteket

Kafeterian och ljudbiblioteket har två utrymningsvägar direkt ut till det fria varav den ena utgörs av huvudingången och den andra av utrymningsväg 7, se figur 8a. Dessa är rymliga och lättöverblickbara lokaler och då personal befinner sig i lokalerna antas de kunna ingripa i ett tidigt skede vid en eventuell brand. Vidare bedöms kafeterian och ljudbiblioteket inte utgöra någon större risk ur utrymningsynpunkt.

För kafeterian utgörs brandbelastningen främst av en trädisk, soffor, bord och stolar. Det som möjligtvis skulle kunna tänkas fördröja utrymning är att kafeterians besökare har investerat i sin fika och på så sätt kan dröja något längre innan de beslutar sig för att utrymma. I kafeterian finns en soffa som skulle kunna medföra ett hastigt brandförlopp och en hög effektutveckling. Sannolikheten för att brand uppstår i lokalen ökar något då det finns ett antal potentiella antändningskällor i kafeterian. Ingen matlagning sker dock i kafeterian utan endast tillredning av kall mat och uppvärmning av mat i mikrovågsugn. I figur 23 nedan visas soffan som finns i kafeterian.



Figur 23. Soffa i kafeterian.

Brandbelastningen i ljudbiblioteket utgörs av bokhyllor, boklådor, eventuella bokvagnar, bord, stolar och ett fåtal draperier. På grund av de förutsättningar som finns för det brännbara materialet och att bokhyllor och möbler är rymligt utplacerade i ljudbiblioteket antas inte ett hastigt brandförlopp vid en eventuell brand inträffa. Då det i större utsträckning finns elektronik i ljudbiblioteket ökar sannoliken för antändning på grund av elfel.

Scenario 3

Ett värsta troligt brandscenario för kafeterian och ljudbiblioteket är att en brand uppstår på grund av en anlagd brand till exempel med hjälp av en cigarettändare och att den soffa som finns i kafeterian antänds. Branden kan spridas vidare längs med soffan och möjlighet finns att branden även sprida till de bord och stolar som finns i kafeterian. Då soffan består av mycket stoppat material finns risk att hög effekt utvecklas vid den möjliga soffbranden. Troligtvis är soffan flamskyddad då det är en relativt ny soffa gjord för en publik lokal varför konsekvenserna inte blir lika stora. Kafeterian är en rymlig lokal och den närmaste utrymningsvägen är genom huvudentrén vilket också bidrar till en låg konsekvensbedömning. Utifrån bedömningen ovan graderas sannolikhet och konsekvens för scenariot nedan.

Sannolikhetsbedömning: 3

Konsekvensbedömning: 2

5.2.3 Plan 3

Plan 3 hyser flest antal avdelningar för allmänheten vilket gör att detta plan fokuseras på. Planet har totalt sex stycken utrymningsvägar ut till det fria.

Bokhall 301

Bokhall 301 är den lokal där flest besökare får vistas (250 personer), vilket motiverar till att granska denna lokal noggrannare. Detta då det ur konsekvenssynpunkt är självklart värre ju fler människor som vistas i lokalen och ska utrymma. Vidare bedöms de tillfällen då program anordnas i bokhall 301 som extra kritiska och antas även täcka in övriga fall. Personalen har under dessa tillfällen haft svårt att begränsa antalet besökare till högsta tillåtna antalet. Vad som gör dessa tillfällen extra intressanta att utreda är att det placeras ut bänkrader och stolar som kan innebära problem vid utrymning.

Under programmen vistas även en del människor uppe på första och andra galleriet och vissa utrymningsvägar för första och andra galleriet är samma som för bokhall 301. De som befinner sig på uppe på gallerierna kan få problem att utrymma då köbildning riskerar att uppstå vid utrymningsvägarna.

Bokhallen har högt i tak och är utrustad med brandgasventilation, varför risken att kritiska förhållanden på grund av bildande av brandgaslager uppnås bedöms som låg. Att kritiska förhållanden uppnås till följd av temperaturökning bedöms också som låg på grund av lokalens storlek. Det kan å andra sidan uppstå kritiska förhållanden på grund av strålning från branden.

Brandbelastningen i denna lokal utgörs främst av den stora mängd böcker som finns placerade i träbokhyllor längst utmed väggarna. Det finns även fristående bokhyllor, bokvagnar, bord, stolar och trädiskar som bidrar till brandbelastningen. Då mängden böcker som finns i bokhallen utgör en stor brandbelastning finns möjlighet att en hög brandeffekt uppnås vid en eventuell brand.

Ett möjligt brandscenario är att brand uppstår i det brännbara material som finns placerat i mitten av lokalen. Då trädiskar, bokhyllor, bord och stolar är rymligt utplacerade och brandspridning skulle försvåras bedöms inte placeringen för detta scenario som det mest kritiska i lokalen.

Det finns fyra utrymningsvägar från bokhall 301 varav den ena är genom huvudentrén. Övriga utrymningsvägar bedöms likvärdiga och lokalen är i stort sett symmetrisk ur utrymningssynpunkt med avsteg från utrymningsvägen genom huvudentrén. Konsekvenser till följd av brandens placering bedöms som mest kritiska då en eventuell brand uppstår nära utrymningsväg 10, se figur 8b och sprider sig längst bokhyllorna mot huvudentrén. Detta motiveras då utrymningsväg 10 snabbt blockeras, varefter den mest attraktiva utrymningsvägen (mot entréhallen hotas att bli blockerad av strålning och brandspridning). Anledningen till att branden inte placeras direkt vid utrymningsvägen mot huvudentrén är att scenen vid denna, vilket skulle medföra att en brand placerad vid denna utrymningsväg lätt skulle upptäckas på grund av folks riktning av uppmärksamhet. Då branden upptäcks tidigt kan utrymning påbörjas och det finns möjlighet att släcka branden i det tidiga skedet. Publiken är dessutom placerad nära utrymningsväg 10 varför en brand i denna del av byggnaden anses extra kritisk.

I figur 24 nedan visas en bild över bokhall 301.



Figur 24. Översiktbild av bokhall 301 från ett av entresolplanen.

En möjlig brand i bokhallen skulle kunna uppstå på tre olika plan; plan 3, första galleriet och andra galleriet. Utrymning från första och andra galleriet bedöms likvärdig då det som främst skiljer dem åt är att andra galleriet är ett plan högre upp. Det antas att personal inte befinner sig på första och andra galleriet. Det skulle därför dröja innan personal skulle kunna göra ett ingripande på dessa plan vilket bidrar till ökad konsekvens. Gallerierna består av en smal kringgående balkong runt bokhallen vilket medför ett litet antal besökare på dessa plan jämfört med antalet besökare som kan infinna sig på plan 3 i bokhallen. Då antalet personer som kan finnas på dessa plan är begränsat bedöms trängsel vid utrymningsvägarna som ett problem under en kort tid i ett tidigt skede av ett eventuellt brandförlopp. Vidare bedöms utrymning från dessa plan inte som de mest kritiska för bokhallen.

Personal antas alltid finnas på plan 3 i bokhallen och kunna göra ett ingripande i form av släckinsats vilket gör att konsekvensgraden minskar något vid bedömning. Det höga besökarantalet kombinerat med de stolar och bänkar som kan placeras på plan 3 i bokhallen medför att detta plan bedöms som det mest kritiska ur utrymningssynpunkt.

Brand under programmen kan dels vara en anlagd brand. Detta bedöms som mycket osannolikt då mycket folk vistas i lokalen och dessa skulle upptäcka ifall någon försökte tända eld. En annan brandsak skulle kunna vara ett elfel i den elektriska utrustning som används, så som strålkastare eller högtalare. Denna risk bedöms vara måttlig.

Scenario 4

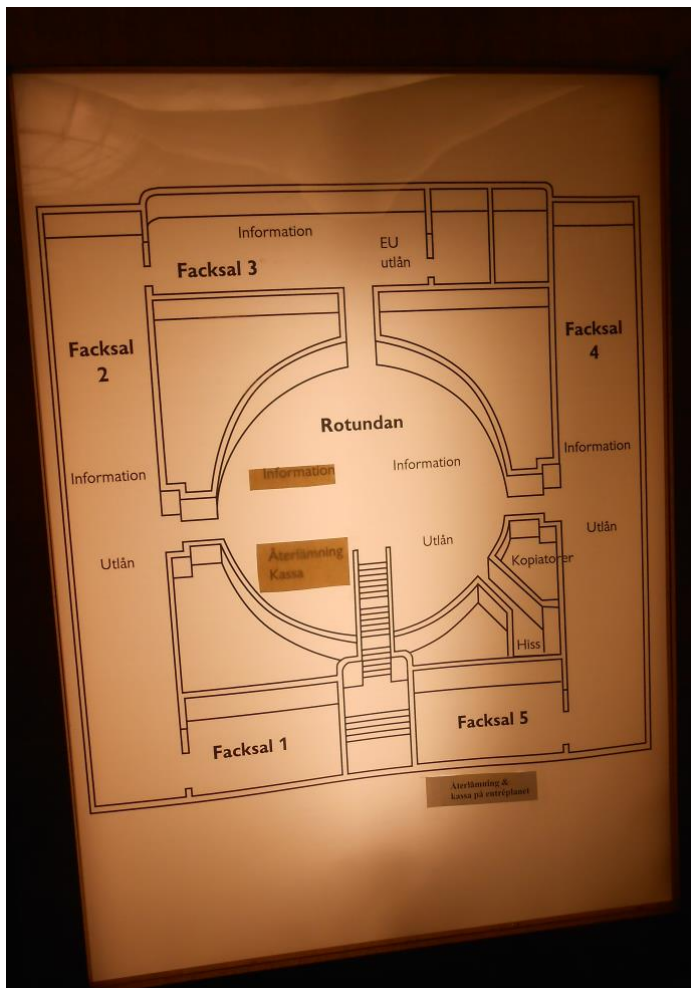
Ett värsta troligt brandscenario för bokhall 301 är att en brand uppstår på grund av elfel i den elektriska utrustningen som finns relativt nära utrymningsväg 10 (se figur 8b) och antänder någon av de bokhyllor som finns utmed väggarna. Det finns risk att branden sprider sig vidare i bokhyllorna och uppnår en hög effektutveckling. Det antas att branden inträffar under ett program med många besökare då rummet är fullsatt. Det finns risk att branden utvecklas på ett sådant sätt att strålning från branden blir så pass stor att utrymningsväg 10 blir obrukbar. Utifrån bedömningen ovan graderas sannolikhet och konsekvens för scenariot nedan.

Sannolikhetsbedömning: 3

Konsekvensbedömning: 4

Facksal 1, 2, 3, 4, 5

Facksalarna utgörs av tre brandceller. Facksal 1 och 2 utgör en brandcell, facksal 3 en annan och facksal 4 och 5 en tredje. Gemensamt för alla facksalar är att de har högt i tak cirka 7 meter. Detta innebär att bildande av kritiskt brandgaslager vid en eventuell brand skulle ta lång tid. Att kritiska förhållanden uppnås på grund av temperatur bedöms också som osannolikt på grund av lokalernas geometri. Kritiska förhållanden bedöms dock kunna uppnås på grund av strålning från en eventuell brand. I figur 25 nedan visas en skiss över facksalarna.



Figur 25. Skiss över facksalarna.

Speciellt för facksal 3 är den läktare som finns placerat ett plan upp, på plan 4. För att komma till denna läktare finns två stycken spiraltrappor placerade i varsin ända av lokalen. Dessa fungerar dock inte som utrymningsvägar från läktaren. På läktaren finns en utrymningsväg.

Då facksalarna är relativt lika med avseende på brandbelastning bedöms det mest kritiska scenariot ur konsekvenssynpunkt med utgångspunkt i utrymningsmöjligheter. Alla tre brandceller har utrymningsväg via bokhall 301. Detta bedöms vara den väg som flest besökare skulle valt i första hand då detta är vägen besökarna kom in (Sime, 1985). Facksal 3 bedöms ha goda möjligheter för utrymning. Då det finns tre alternativ till utrymning från plan 3 och en väg från läktaren på plan 4. Således bedöms facksal 3 inte som den mest kritiska av salarna vid utrymning.

Brandcellerna som utgörs av facksal 1-2 och facksal 4-5 är relativt lika utformningsmässigt då de båda har tre alternativa utrymningsvägar. Den första går via bokhall 301. Den andra leds via trappor ner till huvudentrén. Dessa har under besöket uppmärksammats som eventuellt problematiska på grund av en smal dörrbredd (0,7 meter). Vad som skiljer de två brandcellerna åt är deras tredje utrymningsväg. I facksal 1-2 utgörs denna av en utvändigt trappa från facksal 3. Denna trappa är bred och bedöms ha hög kapacitet för utrymning. Från facksal 4 däremot går utrymningsvägen via en spiraltrappa som leds ut i personalingången på plan 2. Då kapaciteten vid utrymning på en spiraltrappa bedöms som sämre antas brand i facksal 4 få större konsekvenser om utrymning tvingas ske via denna trappa.

Det brännbara material som finns i facksal 4 nära utrymningsvägen till bokhall 301 är en trädisk och bokhyllor. Vid den andra sidan finns endast bokhyllor som eventuellt skulle kunna sprida sig till en trädisk placerad någon meter in i rummet. Speciellt för de bokhyllor som finns längs utmed väggarna är att de endast består av hyllor i trä som är monterade inuti olika fack i betongväggen. Detta skulle innebära att brand i bokhyllor i facksal 2 och facksal 4 skulle få en begränsad brandspridning då det bedöms att branden inte kan sprida sig mellan bokhyllorna längs väggarna. Det brännbara material som finns placerat mer centrerat i facksal 2 och 4 utgörs främst av trädiskar, bord och stolar. Dessa möbler är rymligt utplacerade och bedöms inte utgöra en utmärkande brandbelastningen och det antas inte kunna ske ett hastigt brandförlopp vid en eventuell brand i dessa möbler. Då brandspridning och brandbelastning beaktas bedöms därför möjliga brandscenarier i facksal 2 och 4 inte som de mest kritiska för facksalarna.

I facksal 2,3 och 4 antas personal alltid befinna sig och kunna genomföra en släckinsats vid en eventuell brand. Möjliga brandscenarier i facksal 1 och 5 bedöms få högre konsekvenser då personal inte antas befinna sig i dessa lokaler och inte kunna genomföra en släckinsats. Vidare bedöms risken för facksal 2,3 och 4 som mindre då anlagd brand som brandorsak beaktas då personal har möjlighet att upptäcka en person som försöker anlägga en brand. En trolig brandorsak för facksal 1 och 5 är anlagd brand. Detta då dessa facksalar ligger avskilt och personal antas inte alltid befinna sig i dessa lokaler.

Den första utrymningsvägen från facksal 1-2 och facksal 4-5 är den väg besökarna kommit in. De andra två går via dörrar som är låsta men är försedda med nödöppnare. Dessa vägar bedöms som extra kritiska dels då de är låsta samt då de inte utgör vägar som besökarna vanligtvis använder.

Gällande facksal 1 och 5 bedöms de likvärdiga ur utrymningssynpunkt. Det som skiljer dessa två salar åt är brandbelastningen. I facksal 5 utgörs brandbelastningen främst av bokhyllor längs väggarna, dock består inte ramen för dessa bokhyllor av trä. Det finns även stolar och bord som bidrar till brandbelastningen. I facksal 1 utgörs brandbelastningen av bokhyllor med träram utmed väggarna och ett flertal rader av bokhyllor placerade en bit ifrån väggen. Det finns även studieplatser i denna sal med bord och stolar som bidrar till brandbelastningen. Vidare bedöms facksal 1 få högst konsekvenser då brandspridning och brandbelastning tas i beaktande. I figur 26 nedan visas exempel på de bokhyllor som finns i facksal 1.



Figur 26. Bokhyllor i facksal 1.

Konsekvenserna bedöms som höga då de problematiska utrymningsvägarna kan leda till lång köbildning och kritiska strålningsnivåer skulle möjligtvis hinna uppstå. Dessutom kan förflyttning av rullstolsburna till brandgasfri brandcell kunna vara en omöjlighet.

Scenario 5

Ett värsta troligt brandscenario för facksalarna är att en brand anläggs i facksal 1 nära ingången från facksal 2 till facksal 1 och antänder någon av de bokhyllor som finns utmed väggarna. Det finns risk att branden sprider sig vidare i bokhyllorna längs väggarna och uppnår en hög effektutveckling. Brandspridning kan även ske till de bokhyllor som är placerade en bit utifrån väggarna, se figur 26 ovan. Branden kan utvecklas på ett sådant sätt att strålning från branden blir så pass stor att ingången mellan facksalarna blir obrukbar. Besökare som befinner sig i facksal 1 tvingas då utrymma genom utrymningsväg 13, se figur 8b. Då de studieplatser som finns i facksal 1 är placerade så att besökare sitter med ryggen vänd mot en eventuell anlagd brand finns risk för att branden utvecklas och sprider sig innan den upptäcks. Dessutom finns bokhyllor framför den brinnande bokhyllan som kan tänkas skymma branden. Personbelastningen i denna lokal är likvärdig övriga delar av byggnaden. Utifrån bedömningen ovan graderas sannolikhet och konsekvens för scenariot nedan.

Sannolikhetsbedömning: 2

Konsekvensbedömning: 5

5.3 Riskmatris

I figur 27 nedan åskådliggörs risken för de olika scenarierna som fastslagits enligt bedömning ovan. Sannolikhet och konsekvens vägs här samman till en *risk*, där hög sannolikhet i kombination med hög konsekvens medför en hög risk. I riskmatrisen illustreras de högre riskerna med röd färg, de medelhöga med gult och de låga med grönt.

	5	Yellow	Red	Red	Red	Red
	4	Yellow	1 Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	3 Yellow	Yellow	4 Red	2 Red
	2	Green	Green	Yellow	Yellow	5 Red
	1	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
		1	2	3	4	5

Figur 27. Riskmatris baserad på konsekvens och sannolikhet.

De riskscenarierna som överskrider kritiska värden med avseende på sannolikhet och konsekvens är scenario 2, 4 och 5. Således utgörs de dimensionerande riskscenarierna av:

- Brand i sagorum
- Brand i bokhall 301
- Brand i facksal 1

6. Sagorummet

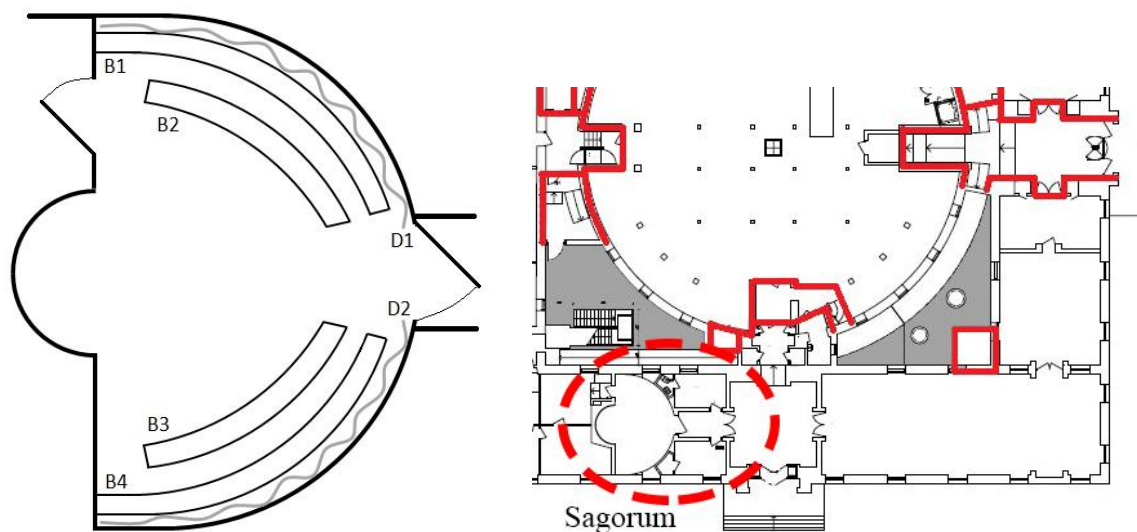
I följande kapitel beskrivs den scenarioanalys som utförs för sagorummet.

6.1 Effektutvecklingskurva

Efter 15 minuter antas räddningstjänsten vara på plats och kunna begränsa branden och ur utrymningssynpunkt anses det inte aktuellt att beakta ett brandförlopp längre än 15 minuter. Av denna anledning tas effektutvecklingskurvorna fram för de första 15 minuterna av brandförloppet. Då information om avlockning saknas samt då det antas ointressant beskrivs effektutvecklingskurvan som konstant efter det att den maximala effekten uppnåtts.

Branden uppstår i draperi nummer ett, se D1 i figur 28 nedan. Då D1 är närmre placerad de två utrymningsvägarna och på så sätt mer kritisk ur utrymningsynpunkt. Bitar av tyget antas falla ner på bänken som är placerad intill väggen (B1) varefter dynan på denna antänds. Branden i draperiet kommer sedan sprida sig horisontellt och tillslut antända draperi nummer två genom flampåverkan. Antändning av bänk nummer fyra kommer ske på samma sätt som för bänk ett, och slutligen antänds även bänk två och tre genom strålning från branden. Brand i bokhyllan kommer inte behandlas. Detta då den står så pass långt placerad från ursprungsbranden att spridning till denna kommer ske väldigt sent. Dessutom har bokhyllan ett långsamt brandförlopp och vid tidpunkten då denna eventuellt skulle påverka branden har troligen räddningstjänsten redan hunnit komma till platsen och besökarna har utrymt. Brand i heltäckningsmattan kommer inte heller behandlas kvantitativt, utan endast användas som motivering till att höja vissa effekter något. Detta då den troligen är flamskyddad och inte antas påverka brandförloppet märkvärt inom den intressanta tidsrymden förutsatt att inte övertändning sker.

Draperierna sträcker sig längs hela de runda väggarna från golv till tak, se figur 28 nedan. Avbrott i den horisontella utsträckningen sker vid dörren.

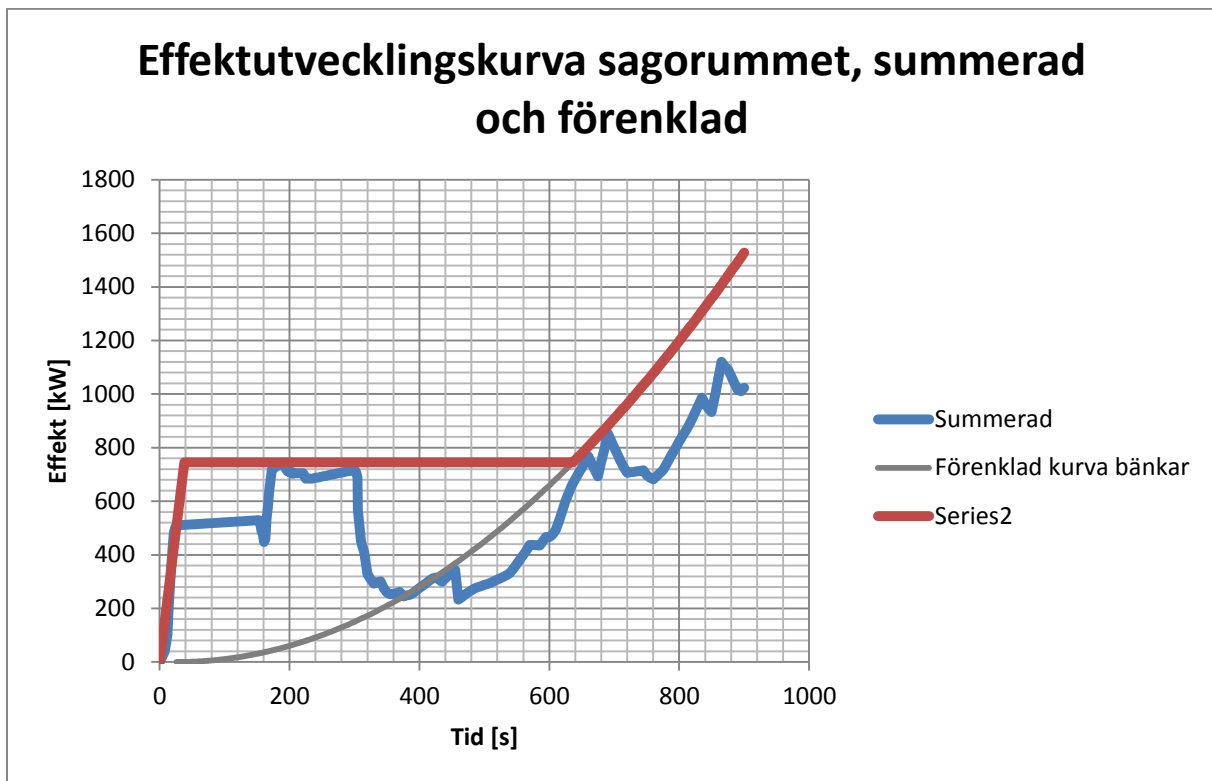


Figur 28. Skiss över interiören i sagorummet samt sagorummets placering på våningsplanet.

Brand i gardiner eller draperier kan vara ytterst kritisk. Vissa typer av textilier kan utveckla ett mycket snabbt brandförlopp och i mindre utrymmen leda till övertändning (Göransson & Wetterlund, 1988). Effektutvecklingen kan dock variera beroende på textilens egenskaper så som hur tätt tyget är vävt samt hur tråden är spunnen. Detta innebär att olika typer av exempelvis bomullstyg kan bete sig olika vid antändning. Ifall tyget är flamskyddat påverkar också såklart brandförloppet.

Beräkningarna för detta scenario kommer att baseras på flamskyddat tyg. Detta för att byte av draperier förväntas göras och att resultatet från denna analys då fortfarande ska kunna appliceras.

Utformning av brandscenariot i sagorummet resulterar i en effektutvecklingskurva enligt figur 29 nedan. För noggrannare beskrivning av antaganden och beräkningar se bilaga B. Utrymning av sagorummet kommer troligtvis gå snabbt, varför längden på kurvan kan ifrågasättas. Dock analyseras även förhållandena i entréhallen utanför sagorummet, och en längre tid bör därför granskas.



Figur 29. Den summerade effektutvecklingskurvan samt den förenklade.

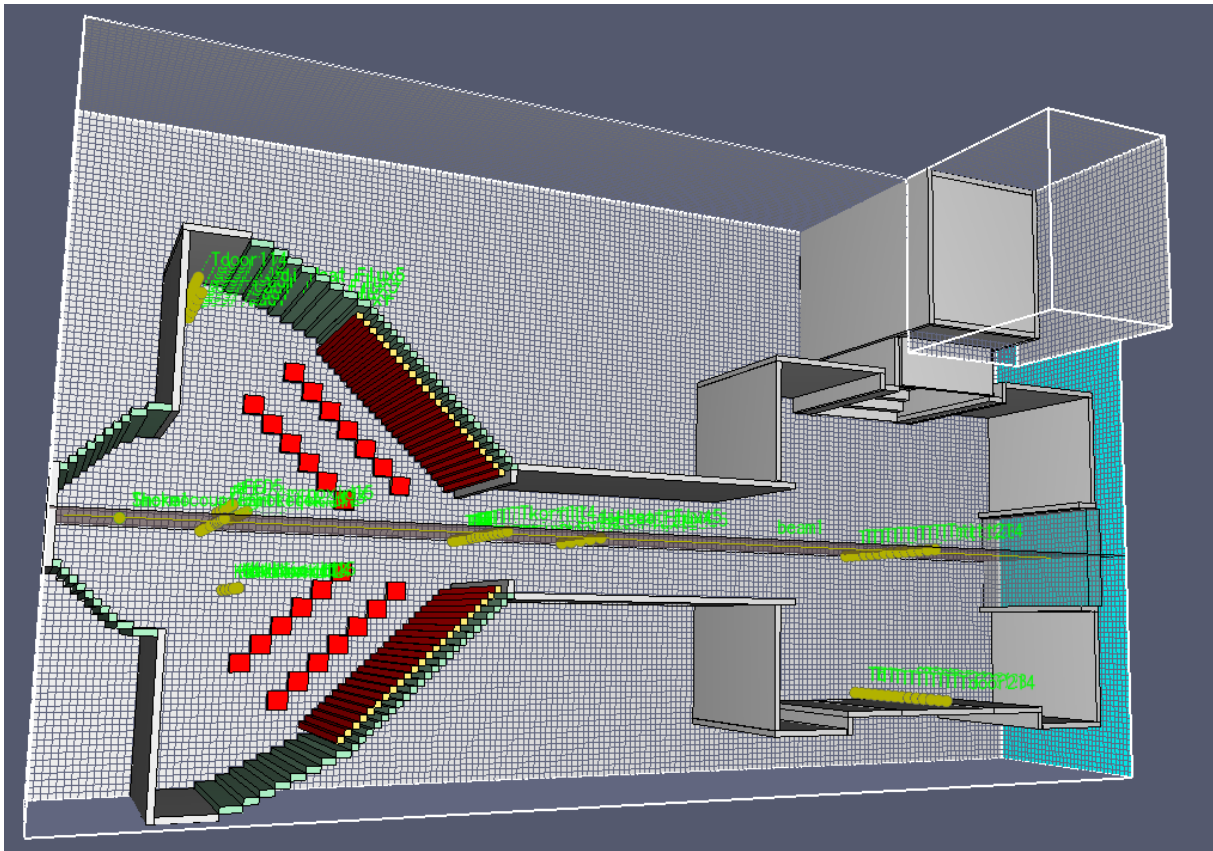
6.2 Brandmodell

Nedan beskrivs ett antal antaganden och förenklningar som gjorts vid simulering i FDS av brandförloppet i sagorummet. En fullständig beskrivning för övriga indataparametrar som används vid simulering återges i bilaga E.

För att uppskatta tid till att kritiska förhållanden enligt kapitel 2 uppstår beräknas förhållanden för brandgaslagrets höjd, sikt, värmestrålning, temperatur och toxicitet i de dimensionerande brandutrymna. Vidare beräknas även tid till detektoraktivering för de dimensionerande brandscenerierna.

Vid val av cellstorlek i FDS beaktas brandens effektutveckling enligt teori i avsnitt 4.2. Vid kontroll av lämplig cellstorlek används en förenklad metod där effekten som uppnås efter 20 sekunder in i brandförloppet används. Enligt denna förenklade kontroll används en cellstorlek som är ungefär hälften av vad som minst rekommenderas efter 20 sekunder in i brandförloppet.

Geometrier i FDS begränsas på så vis att de endast kan utgöras av symmetriska rätblock vilket gör att sagorummets geometri förenklats något. Den geometri som används vid simulering av brandförloppet i sagorummet visas i figur 30 nedan.



Figur 30. Beräkningsdomän som används vid simulering i FDS skapad i programmet pyrosim

I simuleringen placeras mätpunkter ut vid olika höjder för att beräkna tid till kritiska förhållanden. Dessa mätpunkter visas i figur 30 ovan och representeras av gula punkter. De parametrar som beräknas är temperatur, strålning, sikt och kolmonoxidhalten. Mätpunkternas placering påverkar resultatet. Exempelvis bör inte en kolmonoxidmät punkt vara placerad för nära en brännare eftersom att detta kommer ge ett missvisande värde. Ur utrymningssynpunkt är mätpunkter vid utrymningsvägarna och på väg mot dessa av intresse. Vidare placeras flertalet mätpunkter i utrymningsvägarna och in mot mitten av rummen där människor kan tänkas befinnas sig i en utrymningssituation.

I sagorummet finns rökdetektorer. För att beräkna detektionstiden definieras denna typ av detektorer vid simuleringen.

Det bränsle som förbränns vid en dimensionerad brand definieras i FDS och är avgörande när det kommer till resultaten av simuleringen. För bränslet definieras mängden producerat sot och kolmonoxid i relation till massavbrinningen, vilket är några av de värden som mäts vid simuleringen. Då det är problematiskt och inte rekommenderat att beskriva flera bränslen i FDS görs en förenkling och endast egenskaper för ett bränsle definieras (NIST, 2007). Vid simuleringen beskrivs bränslet som trä eftersom att trä uppskattas utgöra högst massandel av de möjliga bränslena i sagorummet. Trä liknar även de andra närvarande brännbara materialen.

6.3 Resultat brandsimulering

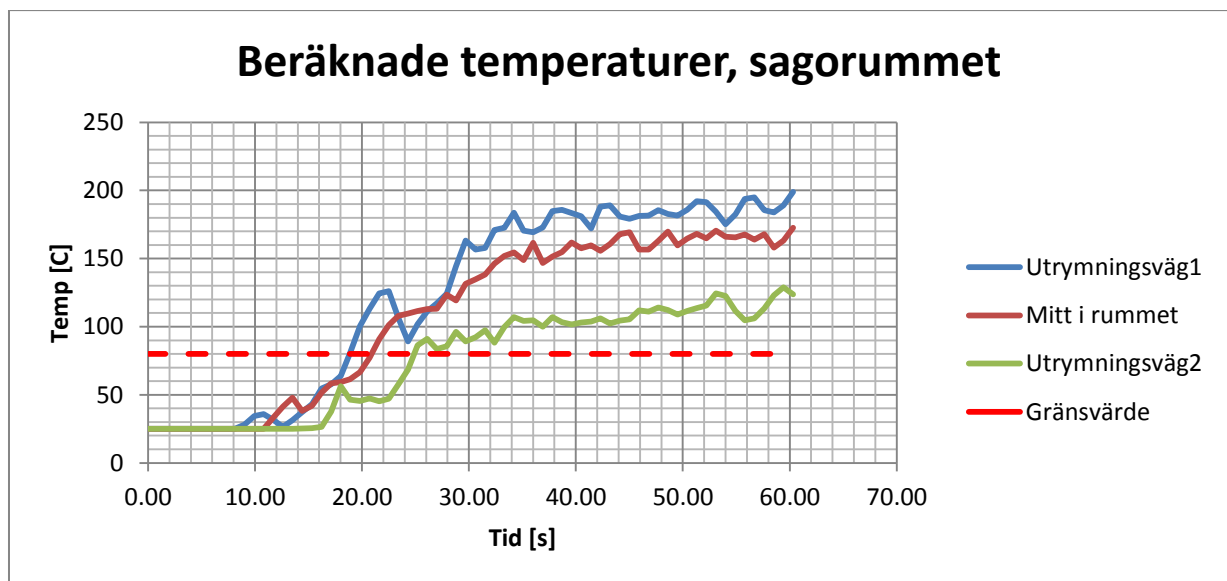
Tidpunkterna till detektoraktivering och då de olika kritiska förhållandena beskrivna i kapitel 2 uppnås presenteras nedan.

Detektoraktivering

Detektoraktivering sker i sagorummet efter 10 sekunder. Det är då rökdetektorn beskriven i avsnitt 6.2 detekterar.

Temperatur

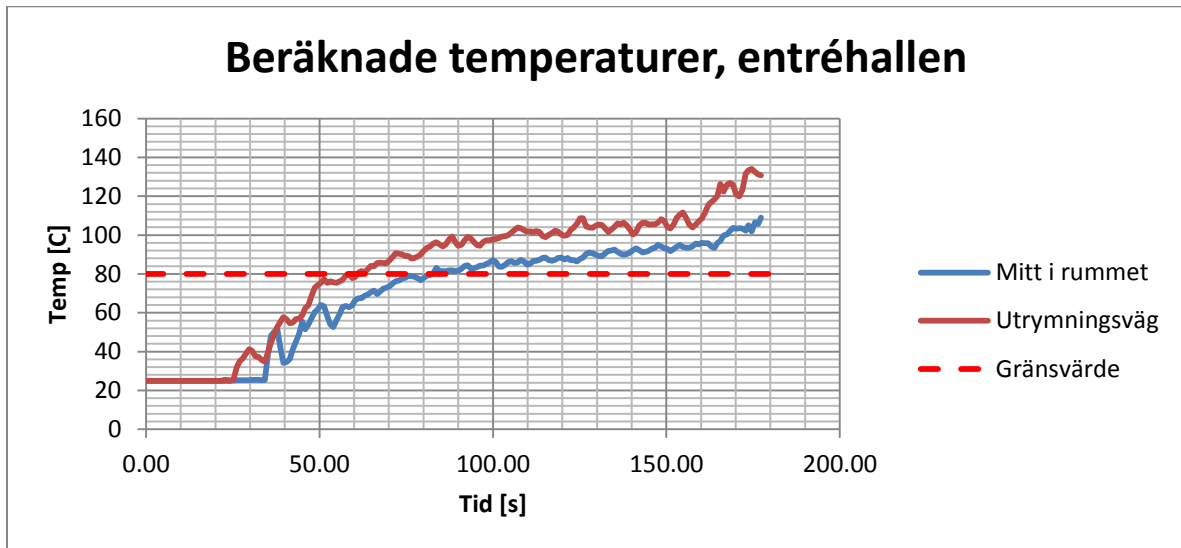
Temperaturmätningen önskas ske på 2 meters höjd från golvet mätt. I simuleringen för barnavdelningen är mätpunkter insatta på 1,91 meter och 2,11 meter ovanför golv. Interpolering görs mellan värdena för dessa mätpunkter för att få resultatet för den önskade höjden. Tidpunkterna för kritisk temperatur varierar för sagorummet mellan 18-25 sekunder. Den inre utrymningsvägen i sagorummet är den som först blir obrukbar, detta efter 18 sekunder. Efter 21 sekunder uppnås kritisk temperatur i mitten av sagorummet, och slutligen efter 25 sekunder blir även den andra utrymningsvägen obrukbar med hänsyn till temperaturen. Tiden då båda utrymningsvägarna är obrukbara är den av intresse, detta för att utrymning inte längre kan ske på ett säkert sätt och folk bör alltså redan ha lämnat lokalen. Ett värde för den tidpunkt då kritiska förhållanden på grund av temperatur uppnås avrundas till 25 sekunder. I figur 31 nedan visas temperaturen i sagorummet som funktion av tiden på 2 meters höjd för de olika mätpunkterna.



Figur 31. Beräknad temperatur som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i sagorummet.

För entréhallen varierar tiderna till kritiska tider mellan 61-82 sekunder. Efter 61 sekunder går inte utrymningsvägen att använda med avseende på temperaturen och efter 82 sekunder uppnås kritiska förhållanden i mätpunkten mitt i rummet på grund av den höga temperaturen. Det mest kritiska är då utrymningsvägen inte längre går att använda, varför 60 sekunder sätts som kritisk tid i entréhallen med avseende på temperaturen.

I figur 32 nedan visas temperaturen i entréhallen som funktion av tiden på 2 meters höjd för de två mätpunkterna.

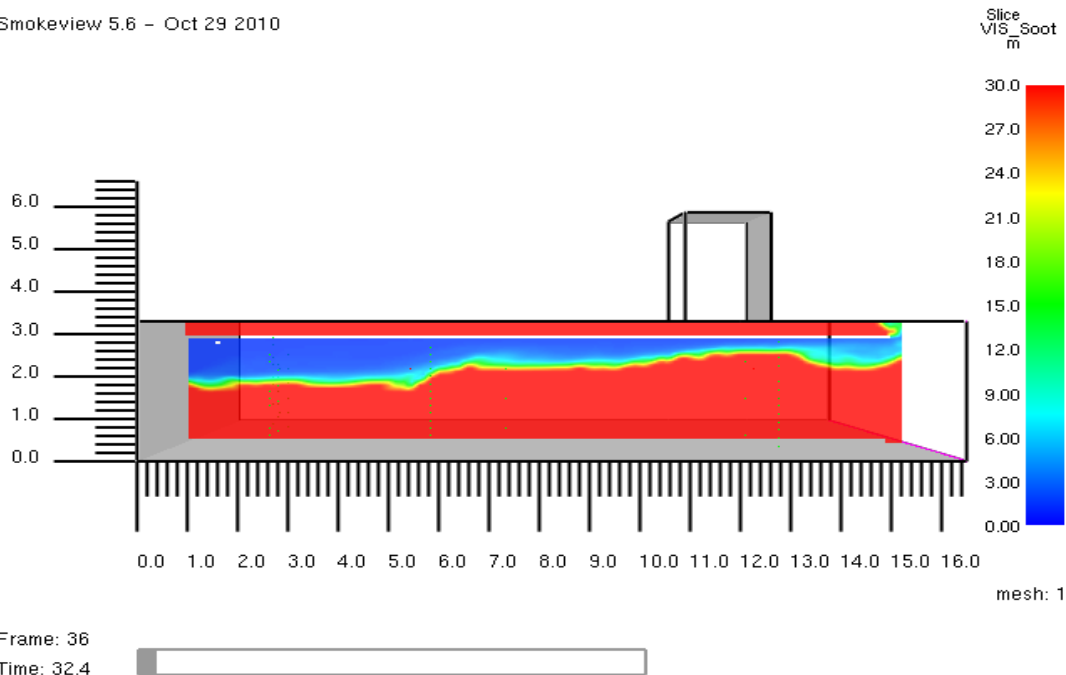


Figur 32. Beräknad temperatur som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i den lilla entréhallen.

Brandgaslager

Ekvationen i kapitel 2 beskriver den kritiska höjd från golvet som brandgaslagret inte får nå. Denna blir $1,6 + 0,1 \cdot 2,8 = 1,88$ meter för sagorummet och entréhallen, vilket avrundas till 2 meter. Brandgaslagrets höjd uppskattas med hjälp av den siktmätning som utförts där ljusdämpning över en sträcka på 10 meter, 2 meter över golv gjorts. Brandgaslagret har antagits nå 2 meter då ljusdämpningen på denna nivå uppnått 99,9 %. Detta sker efter 33 sekunder. Visuell uppskattning samt observation av temperaturen i rummet bekräftar att tidpunkten ligger kring 30-40 sekunder. Ett värde för den tidpunkt då kritiska förhållanden på grund av ett bildat brandgaslager uppnås avrundas till 30 sekunder. Se figur 33 nedan för illustration av sikten efter drygt 30 sekunder.

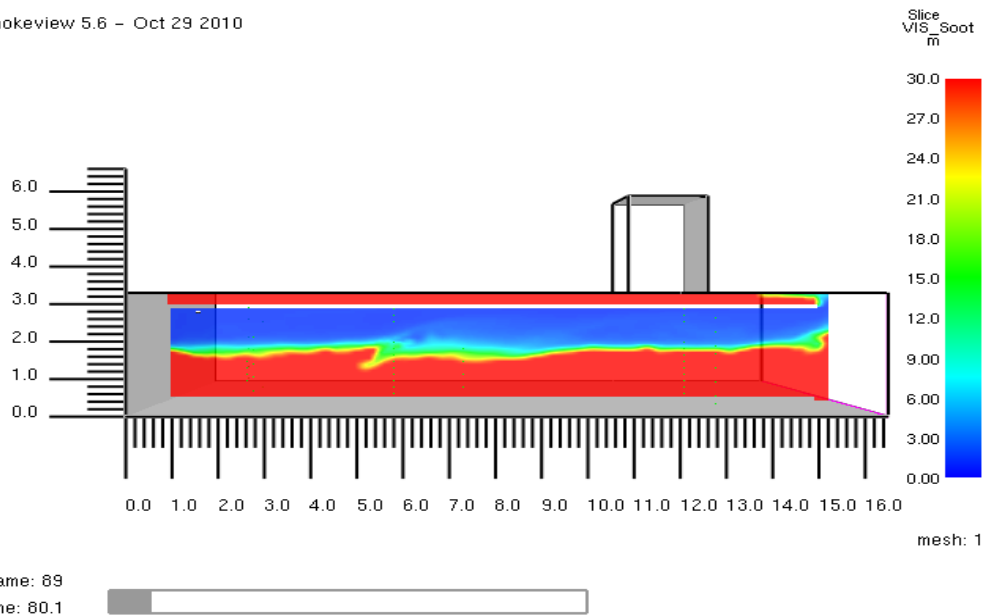
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Figur 33. Beräknad sikt för ett genomskärande plan i FDS för modellering av brandförloppet i sagorummet.

För entréhallen visar siktberäkningar från simuleringsresultaten att brandgaslagret når en kritisk nivå efter 77 sekunder. Visuellt uppskattning samt observation av temperaturen i rummet bekräftar även att tidpunkten ligger kring 30-40 sekunder. Ett värde för den tidpunkt då kritiska förhållanden på grund av ett bildat brandgaslager uppnås avrundas till 80 sekunder. Se figur 34 nedan för illustration av sikten efter 80 sekunder.

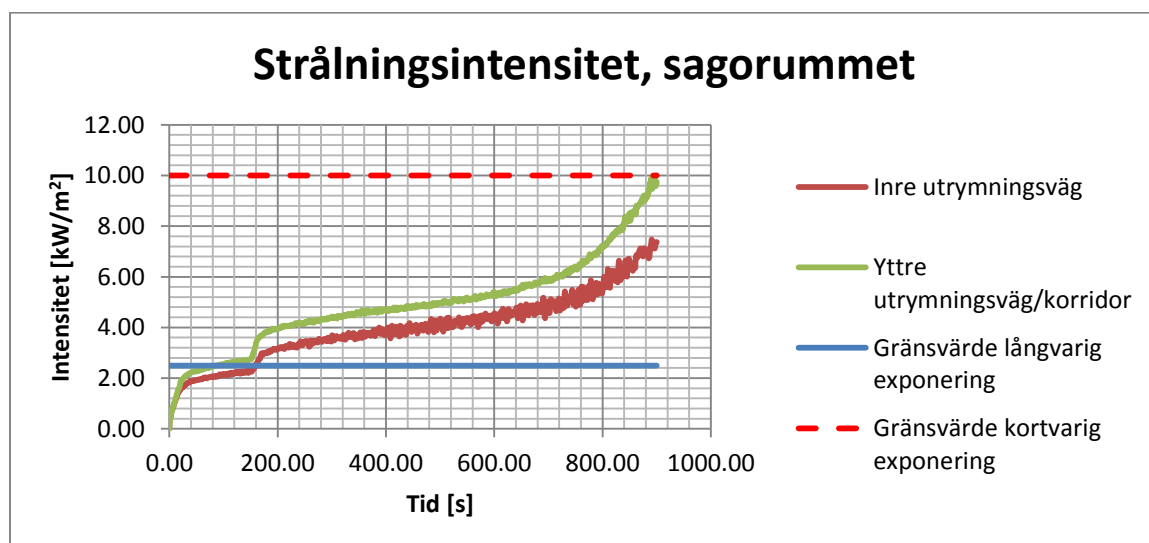
Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010



Figur 34. Beräknad sikt för ett genomskärande plan i FDS för modellering av brandförloppet i den lilla entrén.

Strålning

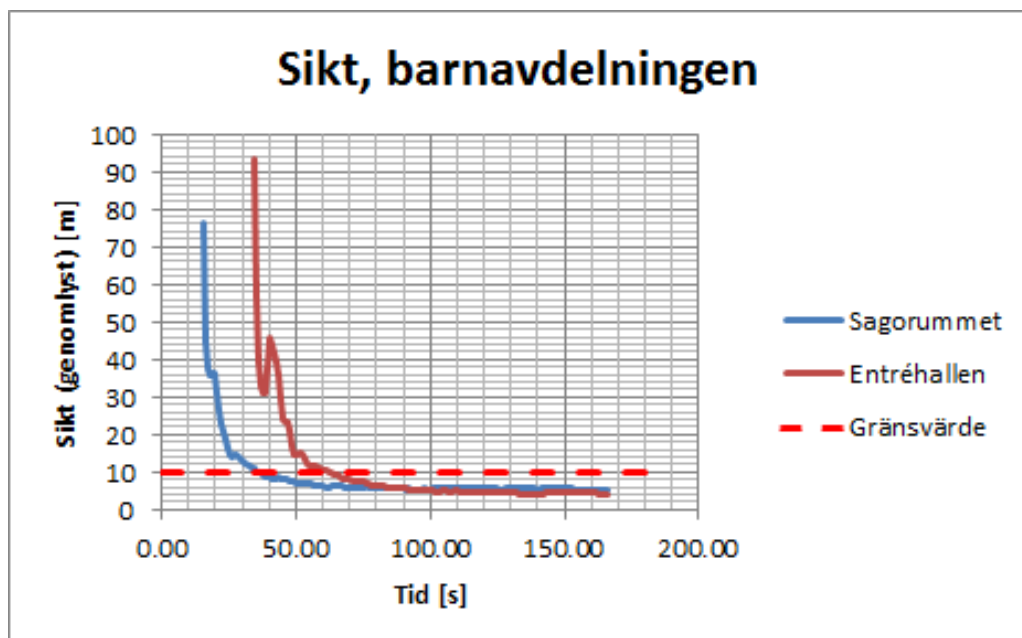
Strålningsberäkningar har utförts på flera ställen i simuleringen. Dels vid de två utrymningsvägarna i sagorummet, samt på golvet. Resultatet visar att gränsvärdet för kortvarig exponering på 10 kW/m^2 aldrig uppnås på rimliga avstånd från branden. Gränsvärdet för långvarig exponering på $2,5 \text{ kW/m}^2$ uppnås dock. Detta sker först vid utrymningsvägen mot entréhallen efter 87 sekunder. Detta gränsvärde är av mindre intresse då utrymning genom korridoren inte kommer leda till någon längre exponering utan ske relativt snabbt. Därför antas inte resultaten från FDS visa på några skadliga strålningsnivåer. Strålningsberäkningar är inte utförda för entréhallen, detta för att flammans inte syns i denna del av lokalen och brandgaslagret i sig antas inte orsaka någon kritisk strålning.



Figur 35. Beräknad strålningsintensitet som funktion av tiden i FDS för modellering av brandförloppet i sagorummet.

Sikt

Beräkningsgången för sikt beskrivs i bilaga F. Utgångspunkten för beräkningen är ljudämpningen från simuleringsresultatet. Detta resulterar i en kritisk tid för sikt på 2 meters höjd inne i sagorummet och korridoren efter 30-40 sekunder. Ett värde för den tidpunkt då kritiska förhållanden på grund av siktnefsättning uppnås avrundas till 30 sekunder. I entréhallen utanför sagorummet uppnås kritiska förhållanden med avseende på sikt efter cirka 60 sekunder. Siktlängden för ett upplyst objekt visas som funktion av tiden i figur 36 nedan.



Figur 36. Beräknad sikt som en funktion av tiden för modellering av brandförloppet i sagorummet.

Tabell 5 nedan visar sammanställningen av de kritiska tiderna för sagorummet.

Tabell 5. Sammanställning av beräknad tid till kritiska förhållanden i barnavdelningen för varierande parametrar.

Parameter	Tid till kritiskt förhållande sagorum [s]	Tid till kritiskt förhållande entréhall [s]
Temperatur	25	60
Brandgaslager	30	80
Strålning	-	-
Sikt	30	60

6.4 Utrymningsmodell

Nedan beskrivs ett antal antaganden och förenklingar som gjorts vid simulering i Simulex av utrymningsförlopp för scenariot i sagorummet. En fullständig beskrivning för övriga indataparametrar som används vid simulering återges i bilaga I. Samtliga besökare i byggnaden kommer placeras ut då de riskerar att skapa köbildning som påverkar utrymningen. Efter detta granskas de intressanta delarna i simuleringsresultaten. De antaganden som beskrivs nedan kommer senare även användas för övriga utrymningssimuleringar.

I enlighet med en deterministisk riskanalys väljs värden för indata som används vid simulering för att representera värsta troliga fall. I denna rapport beaktas endast de publika delarna av byggnaden och de utrymningsförlopp som simuleras beaktar endast personer som befinner sig på publika våningsplan. De dimensionerande brandscenariernas placeringar är på våningsplan två och tre. Personantalet som används vid utrymningssimulering är det maximala personantal som byggnaden är dimensionerad för ur brandsäkerhetssynpunkt. Det totala personantalet som får vistas i byggnadens publika delar är 900

personer och dessa har i simuleringen fördelats i lokalerna enligt det maximala personantalet som får vistas i respektive lokal (Sedin, 2007).

Personantalets fördelning för olika lokaler som används i simuleringen visas i tabell 6 nedan.

Tabell 6. Fördelning av utrymmande personer för varje lokal som anges vid utrymningssimulering.

Plan	Rum	Personantal
2	Barnavdelning rum 204	75 personer
2	Barnavdelning rum 203	25 personer
2	Sagorum	20 personer
2	Kapprum	20 personer
2	Rum 235	50 personer
3	Bokhall 301 inklusive läktare	310 personer
3	Facksal 1 eller Facksal 5	40 personer
3	Facksal 3 inklusive angränsande rum	60 personer
3	Facksal 2 eller Facksal 4	110 personer
4	Facksal 3 läktare	10 personer
4	Första galleriet	20 personer
5	Andra galleriet	10 personer
		∑ 900 personer

(Sedin, 2007)

Faktorer som gånghastighet och storlek på person är kopplade till olika persontyper som beskrivs i programmet, exempelvis går det att definiera persontyper som barn, vuxna och funktionshindrade (IES, 2009).

En förenkling görs och medelvärden för gånghastighet och storlek på personer anges för att representera persontyperna i byggnaden. Vid simulering av förflyttningstid har en gånghastighet på 1,2 m/s använts. Värdet baseras på en studie som visar hur gånghastigheten påverkas av rökfylld. I studien mättes en hastighet på 1,2 m/s då försökspersonerna inte var påverkade av någon rök (SFPE, 2002). Personerna i försöket förflyttade sig obehindrat i en korridor. Eftersom hastigheten som anges i Simulex är den obehindrade hastigheten anses värdet vara representativt för simuleringar. Dock finns en del osäkerheter kring valet av hastighet eftersom personernas egenskaper som medverkade i studien skiljer sig något från vad som är troligt för besökarna på Stockholms stadsbibliotek. I studien medverkade endast 14 män och 17 kvinnor (SFPE, 2002), och i biblioteket är det även troligt att barn vistas. På grund av osäkerheter utförs därför en känslighetsanalys där hastigheten både ökas och minskas.

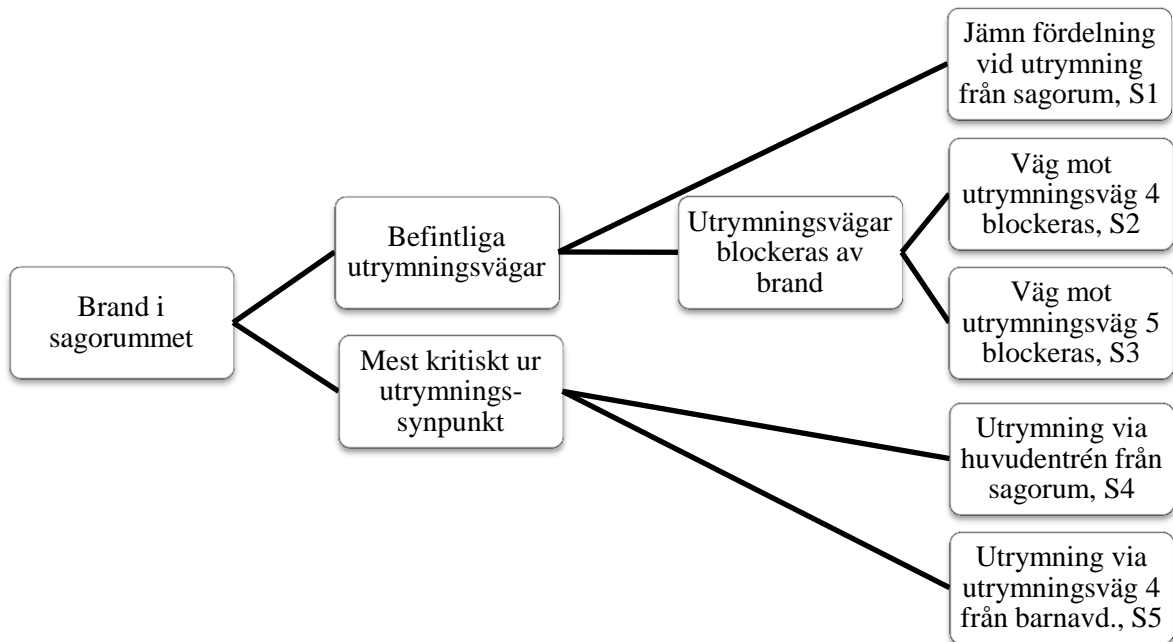
I utrymningsscenarier ska enligt rekommendationer 1 % av personerna utgöras av personer med rörelsehinder. Dessa ska då ha en gånghastighet på 1,0 m/s (BFS, 2012). Enligt beskrivningen och motivering ovan för den valda gånghastigheten används i utrymningssimuleringarna 1,2 m/s. Att välja ut 1 % av totalt 900 personer för att sänka gånghastigheten med 0,2 m/s anses inte motiverat, varför alla ansätts ha en gånghastighet på 1,2 m/s. Säkerheten för funktionshindrade behandlas sedan kvalitativt, bland annat i avsnitt 3.2 och 8.8.

För att modellera den skogräns som finns utanför sagorummet görs ett tidstillägg på 5 sekunder vid simulering i Simulex. Giltigheten för denna uppskattning anses svårbedömd men en ansättning görs för att få en uppfattning om hur skogränsen påverkar utrymningsförloppet.

Utgångspunkt för val av utrymningsscenarier för brand i sagorummet är att studera ett troligt kritiskt scenario samt de befintliga utrymningsvägarna. Variation i blockering av de olika utrymningsvägarna utförs för att analysera effekterna av detta. Vid undersökning av utrymningsförloppet i sagorummet beaktas två olika rum och därmed två olika förflyttningstider för varje scenario. Detta då tid till

kritiska förhållanden framtagits för båda rummen, se avsnitt 6.3. Vidare undersöks utrymning ut ur sagorummet samt utrymning ut ur den lilla entréhallen, genom utrymningsväg 4, se figur 8a.

Vid bestämning av tänkbara utrymningsscenarier som kan inträffa i sagorummet följs händelseträdet i figur 37 nedan.



Figur 37. Händelseträd som visar tankegången kring val av utrymningsscenarier för det dimensionerade brandscenariot i sagorummet.

Vid simulering av utrymningsförloppet i sagorummet undersöks tänkbara scenarier nedan.

Scenario:

- S1 Samtliga utrymningsvägar är tillgängliga. Vid val av utrymningsväg är fördelningen jämn för alla tillgängliga utrymningsvägar i varje lokal i hela byggnaden.
- S2 Utrymning från sagorummet mot utrymningsväg 4 blockeras, se figur 8a. I övrigt samma som scenario S1.
- S3 Utrymning från sagorummet mot utrymningsväg 5 blockeras, se figur 8a. I övrigt samma som scenario S1.
- S4 Utrymning sker via huvudentrén från hela plan 2. Även de som befinner sig i facksal 1,2, 4 och 5 på plan 3 utrymmer via huvudentrén, se figur 8a samt 8b. I övrigt samma som scenario S1.
- S5 Utrymningsväg sker via utrymningsväg 4 från hela barnavdelningen (sagorum, rum 204, rum 203, kapprum och rum 235), se figur 8a. I övrigt samma som scenario S1.

6.5 Resultat utrymnings simulering

I detta avsnitt redovisas resultat från de studerade scenariernas utrymningsförlopp som simuleras i programmet Simulex. Vid simulering av utrymningsförlopp undersöks olika utrymningsscenarier beroende på vilken väg personerna väljer att utrymma genom. Tiderna för de olika scenarierna jämförs för att undersöka för vilka scenarier problem vid utrymning kan ske.

Vid simulering beaktas endast förflyttningstid för simuleringarna av utrymningsförloppen. Varseblivningstid och förberedelsestid tas då inte hänsyn till (se avsnitt 4.1 för beskrivning av begrepp). Förberedelsestiden för utrymmande personer kan antas skilja sig åt, dock antas det värsta troliga fallet för dessa scenarier vara att alla personer har ungefär samma förberedelsestid. Detta ger upphov till mer köbildning då alla rör sig mot utrymningsvägar samtidigt, således simuleras värsta troliga fall för scenarierna.

Enligt rekommendationer bör förberedelsestiden anges till 1 minut (BFS, 2012). Dessa rekommendationer avser mindre lokaler som mindre biograf, butik och kyrka med larmdon i aktuell lokal där utrymmande personer inte ser branden. Att biblioteket inte bedöms tillhöra kategorin ”varuhus” beror på att personer i varuhus antas stå i kassor och inte vilja lämna sina varor vilket resulterar i en förlängd förberedelsestid. I offentliga lokaler där utrymmande personer ser branden anges förberedelsestiden till 1 minut enligt rekommendationer. Varseblivningstiden bör anges till detektionstid eller minst 30 sekunder (BFS, 2012). Detektionstiden för sagorummet är 10 sekunder. Den totala tiden innan utrymning påbörjas anges således till 70 sekunder.

De förflyttningstider som framtagits beskriver tiden det tar för alla personer att utrymma från den lokal som den dimensionerande branden är utplacerad i. Detta då kritiska förhållanden endast beaktats för dessa lokaler. Således kan personer fortfarande befinna sig i bygganden då förflyttningstid beaktas.

Vid den första simuleringen av utrymningsförloppen i sagorummet beaktas tider då personer utrymt ut ur sagorummet. Resultat för de simulerade utrymningsförloppen i sagorummet redovisas i tabell 7 nedan.

Tabell 7. Sammanställning av beräknad utrymningstid för utrymning ut ur sagorummet.

Scenario	S1	S2	S3	S4	S5
Förflyttningstid, ut ur sagorum [s]	16	28	18	18	18
Total utrymningstid, ut ur sagorum [s]	86	98	88	88	88

Vid den första simuleringen av utrymningsförloppen i sagorummet beaktas tider då personer utrymt ut ur utrymningsväg 5 och från utrymningsväg 4 i barnavdelningen, se figur 8a. Resultat för de simulerade utrymningsförloppen i sagorummet redovisas i tabell 8 nedan.

Tabell 8. Sammanställning av beräknad utrymningstid ut ur den lilla entréhallen.

Scenario	S1	S2	S3	S4	S5
Förflyttningstid, utrymningsväg 5 [s]	23	-	30	29	32
Total utrymningstid, ut ur sagorum [s]	93	-	100	99	102

6.6 Jämförelse resultat

Enligt krav för säker utrymning definierade i avsnitt 4.1 skall utrymmande personer vara i säkerhet innan kritiska förhållanden i lokalen de befinner sig i uppstår, det vill säga $t_{\text{tillgänglig}} > t_{\text{utrymning}}$. Detta uttryck skrivs om så att $t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}} > 0$. I tabell 9 nedan jämförs förflyttningstiden för varje utrymningsscenario med tid till att kritiska förhållanden uppstår i denna lokal. Detta genom att beräkna differensen $t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{förflyttning}}$. Observera att för total utrymningstid ska även varseblivningstid och förberedelsetid adderas. Dessa tillägg hanteras kvalitativt längre ner i detta avsnitt.

Tabell 9. Sammanställande resultat för simulerad förflyttningstid och tid till kritiska förhållanden för det dimensionerande brandscenariot i sagorummet.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Tid till kritiska förhållanden [s]	Förflyttningstid [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{förflyttning}}$ [s]
S1 (utrymning ur sagorum)	25	16	9
S2 (utrymning ur sagorum)		28	-3
S3 (utrymning ur sagorum)		18	7
S4 (utrymning ur sagorum)		18	7
S5 (utrymning ur sagorum)		18	7
S1 (utrymning ur entréhall)	60	23	37
S2 (utrymning ur entréhall)		-	-
S3 (utrymning ur entréhall)		30	30
S4 (utrymning ur entréhall)		29	31
S5 (utrymning ur entréhall)		32	28

Ur tabell 9 utläses att negativ differens uppstår för scenario S2. Detta visar att säker utrymning för detta scenario inte uppfylls.

Tiden innan utrymning påbörjas (varseblivningstid och förberedelsetid) ska adderas till förflyttningstiden. Differensen $t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{förflyttning}}$ visar den tid som finns tillgänglig för varseblivning och förberedelse. Som synes i tabell 9 är denna marginal som högst 9 sekunder för sagorummet. Att denna tid skulle vara så pass hög som 70 sekunder, vilket anges som rekommendation anses orimligt. Dock kommer denna tid troligen överskrida 9 sekunder, då detta är betydligt lägre än vad som rekommenderas. Samtliga utrymningsscenarioer för sagorummet anses alltså vara otillräckliga ur säkerhetssynpunkt, för vidare kommentarer se avsnitt 6.10.

6.7 Känslighetsanalys

Nedan redovisas resultat för utförd känslighetsanalys för scenariot i sagorummet. Variablerna gånghastighet, förberedelsestid, varseblivningstid och val av utrymningsväg analyseras kvantitativt medan variablerna effektutveckling och öppningsförhållanden analyseras kvalitativt.

Gånghastighet

Undersökning av gånghastighetens påverkan på utrymningstiderna görs genom att jämföra resultatet av beräknade tider då hastigheten är 1,2 m/s med en lägre hastighet, 1 m/s samt en högre hastighet, 1,4 m/s. Den beräknade förflyttningstiden då hastigheten varieras visas i tabell 10 nedan.

Tabell 10. Beräknad förflyttningstid där gånghastigheten varieras för brandscenariot i barnavdelningen.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Förflyttningstid för gånghastighet 1,2 m/s [s]	t _{tillgänglig} - t _{förflyttning} [s]	Förflyttningstid för gånghastighet 1 m/s [s]	t _{tillgänglig} - t _{förflyttning} [s]
S1 (utrymning ur sagorum)	16	9	19	6
S2 (utrymning ur sagorum)	28	-3	34	-9
S3 (utrymning ur sagorum)	18	7	20	5
S4 (utrymning ur sagorum)	18	7	18	7
S5 (utrymning ur sagorum)	18	7	20	5
S1 (utrymning ur entréhall)	23	37	25	35
S2 (utrymning ur entréhall)	-	-	-	-
S3 (utrymning ur entréhall)	30	30	38	22
S4 (utrymning ur entréhall)	29	31	32	28
S5 (utrymning ur entréhall)	32	28	36	24

Vid jämförelse av gånghastigheterna 1,2 m/s och 1 m/s blir tidsmarginalerna 0-8 sekunder kortare för 1 m/s. Denna hastighetsändring verkar dock ha en liten påverkan på resultatet eftersom kritiska förhållanden uppstår för samma scenarier gällande båda hastigheterna, se tabell 10 ovan.

Den beräknade förflyttningstiden då gånghastigheten varieras visas i tabell 11 nedan. Eftersom tidsmarginalen för utrymmande genom entréhallen för en lägre hastighet (1,2 m/s) är positiv bortses dessa scenarier från i tabellen.

Tabell 11. Beräknad förflyttningstid där gånghastigheten varieras för brandscenariot i sagorummet.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Förflyttningstid för gånghastighet 1,2 m/s [s]	t _{tillgänglig} - t _{utrymning} [s]	Förflyttningstid för gånghastighet 1,4 m/s [s]	t _{tillgänglig} - t _{utrymning} [s]
S1 (utrymning ur sagorum)	16	9	13	12
S2 (utrymning ur sagorum)	28	-3	25	0
S3 (utrymning ur sagorum)	18	7	17	8
S4 (utrymning ur sagorum)	18	7	17	8
S5 (utrymning ur sagorum)	18	7	17	8

Även då gånghastigheten ökas till 1,4 m/s hinner inte personerna som befinner sig i sagorummet utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, se tabell 11 ovan. Vid jämförelse av gånghastigheten 1,2 m/s och 1,4 m/s blir tidsmarginalen 1-3 sekunder längre vid en hastighet på 1,4 m/s.

Val av utrymningsväg

För sagorummet är den största skillnaden 12 sekunder mellan de totala utrymningstiderna, se tabell 11 ovan, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt.

Effektutveckling

De effektutvecklingskurvor som brandförloppet baserats på, och då främst draperiet, anses så pass representativt att dessa inte undersöks vidare. Dock kan antaganda kring brandens spridning påverka den summerade effektutvecklingen, varför resonemang kring detta istället förs. Om brandspridning istället hade skett från draperi 1 till draperi 2 inom de första 150 sekunderna blir resultatet en ökad effektutveckling på 250 kW inom 20 sekunder efter antändning. Vidare skulle detta leda till ett hastigare brandförlopp och troligtvis skulle kritiska förhållanden komma att uppnås tidigare än 25 sekunder. Då tiden till kritiska förhållanden förkortas behöver dock antändning av draperi 2 ske mycket snabbt efter antändning av draperi 1 och detta anses inte troligt.

Öppningsförhållanden

I simuleringen av sagorummet är dörren ut till entréhallen ansatt till öppen. I ett verkligt scenario hade denna dörr varit stängd, men utrymmande personer öppnar dörren för att ta sig ut. Därför är antagandet om att den står öppen inte helt felaktigt. Däremot hade det i ett verkligt scenario antagligen flödat mindre brandgaser ut till entréhallen. Detta hade resulterat i att kritiska förhållanden uppnås tidigare i sagorummet. För scenarierna där personerna utrymmer ur båda dörrarna finns möjlighet för brandgaserna att strömma ut från delar av öppningarna. Simulering med en öppen dörr anses därför vara representativt eftersom två halvblockerade dörrar har ungefär samma öppningsförhållanden som en öppen dörr.

Att brandgaserna har en möjlighet att lämna volymen genom en öppen meshgräns bidrar också till att påverka tiden till kritiska förhållanden positivt. Om brandgaserna hade stannat kvar i volymen hade kritiska förhållanden uppnåtts tidigare i sagorummet.

I en simulering med ändrade öppningsförhållanden, öppningsarean minskades till 1/15 av den ursprungliga, uppnåddes kritisk temperatur vid ungefär samma tidpunkt som i simuleringen med större öppningsarea. Detta kan härledas till att effektutvecklingen är så stor att flödet ut genom dörren inte hinner kompensera för den ökande temperaturen. Som förväntat nådde brandgaslagret en kritisk nivå tidigare i sagorummet och vice versa i entréhallen.

6.8 Åtgärdsförslag

Nedan presenteras ett antal åtgärdsförslag till följd av resultat för beräkningar som gjorts för scenariot i sagorummet. En del av dessa åtgärder observerades som brister i befintligt brandskydd enligt avsnitt 3.2.4.

Utifrån statistik som redovisas i avsnitt 5.1 är levande ljus en relativt vanlig antändningskälla för samlingslokaler. Effektutvecklingskurvan som framtagits i avsnitt 6.1 visar på ett hastigt brandförlopp då draperierna antänder. För att minska risk för antändning rekommenderas att levande ljus aldrig används i sagorummet.

Draperierna i sagorummet utgör enligt resultaten en stor brandrisk. Det visade sig att även ifall dessa är flamskyddade leder antändning av dessa lätt till ett mycket snabbt brandförlopp där kritiska förhållanden snart uppstår. Den huvudsakliga funktionen av draperierna är akustisk i form av ljuddämpning. Alternativ till dessa bör undersökas, och ifall det inte finns bör mycket hårda krav ställas på draperiernas brandegenskaper. Detta ordnas enklast genom byte mot draperier i modernare material där flamskyddsmedlen blivit mer effektiva.

Skogränsen innan sagorummet visade sig också orsaka en del komplikationer. Detta då tidsmarginalen för utrymning är så pass snäv att fördröjning vid skogränsen inte är acceptabel. Att barnen vill ha med sig sina skor vid utrymning är förståeligt, men även ifall instruktioner av exempelvis personal eller föräldrar att lämna kvar dessa skulle ges innebär ändå passage över dessa ett hinder som kan innebära att barn snubblar och utrymningen fördröjs. Skogränsen bör därför tas bort för att utrymningen ska kunna ske smidigt och säkert.

Vid platsbesöket observerades även att detektorn i sagorummet målats över, se figur 10. Detta kan innebära en risk för utebliven detektion då detektorn blivit defekt ifall kåpan inte monterats ner och

målats separat. Kontroll av detektorns funktion bör därför utföras för att säkerställa att dess funktion fortfarande är tillfredsställande.

Ett eventuellt brandbidrag från heltäckningsmattan i sagorummet är inte undersökt i rapporten. Detta är dock något som brandansvarig bör kontrollera och se över det befintliga golvmaterialets brandegenskaper. BBR presenterar lämpliga krav på golvmaterial för denna typ av lokal.

I övrigt anses det vara extra viktigt att personalen som jobbar i denna del av byggnaden är väl bekanta med brandskyddet och hur utrymning av lokalen ska gå till. Detta då barn kräver tydliga instruktioner för att en säker utrymning ska kunna ske samt att brandförloppet i sagorummet riskerar att gå mycket snabbt.

De skyltar som är uppsatta vid den inre utrymningsvägen i sagorummet bör plockas ner. Detta för att skyltarna i dagsläget kan skapa förvirring vid utrymning (Nilsson, 2009), se figur 13.

Åtgärdsförslagen består för barnavdelningen alltså av sju punkter. Rekommendationerna delas upp i två grupper, de som *ska* vidtas för att personsäkerheten ska kunna säkerställas och de som *bör* vidtas för ytterligare förbättra den befintliga situationen.

Åtgärder som *ska* genomföras:

- Tillåt inte användning av levande ljus i lokalen och se till att denna regel följs
- Byt ut draperierna till annat alternativ eller till draperier av material med bättre flamskydd

Åtgärder som *bör* genomföras:

- Ta bort skogränsen
- Kontrollera funktionen av den övermålade detektorn
- Undersök brandegenskaperna hos heltäckningsmattan
- Säkerställ att personalen i denna byggnadsdel är väl bekanta med brandskyddet
- Ta bort missledande skyltar för inre utrymningsväg

6.9 Verifiering av åtgärder

Då viss problematik föreligger kring kvantitativ verifiering av åtgärdsförslag för detta scenario verifieras förslagen till största del kvalitativt nedan.

Att byta ut draperiet kommer ha stor inverkan på brandförloppet. Som synes i figur 29 utgörs den höga effektutvecklingen under de första 300 sekunderna så gott som enbart av draperiernas bidrag. Skulle dessa tas bort eller bytas ut mot draperier i modernare mer brandsäkert material kommer effektutvecklingen från draperierna utgå eller försummas. Detta innebär ett brandförlopp som startar i bänken, och då mer liknar effektutvecklingskurvan i figur B8, se bilaga B. Denna uppnår knappt 20 kW innan utrymning skett, varför detta alternativ anses mycket säkert ur utrymningsperspektiv. Heltäckningsmattans bidrag är dock även något som bör finnas i åtanke. Är även denna gammal finns risk att dess brandegenskaper är bristfälliga och därför bör övervägas att bytas ut.

Att ta bort skogränsen är något som skulle bidra till en smidigare utrymning av lokalen. Utrymningssimulering utan den fördröjning som skogränsen antas innebära visar att folk i lokalen hinner ut på ett säkrare sätt. Risken för folk att snubbla vid passage av denna skogräns och på så sätt skapa köbildning elimineras även.

Nedan undersöks utrymningstider med gjorda åtgärder. Utrymningstider för sagorummet beräknas för då skogränsen vid sagorummet tas bort.

Tabell 12. Sammanställning av beräknad förflyttningstid med och utan genomförda åtgärder för det dimensionerande brandscenariot i sagorummet.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Förflyttningstid för gånghastighet 1.2 m/s med skogräns [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{förflyttning}}$ [s]	Förflyttningstid för gånghastighet 1.2 m/s utan skogräns [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{förflyttning}}$ [s]
S1 (utrymning ur sagorum)	16	9	16	9
S2 (utrymning ur sagorum)	28	-3	28	-3
S3 (utrymning ur sagorum)	18	7	13	12
S4 (utrymning ur sagorum)	18	7	13	12
S5 (utrymning ur sagorum)	18	7	13	12
S1 (utrymning ur entréhall)	23	37	17	43
S2 (utrymning ur entréhall)	-	-	-	-
S3 (utrymning ur entréhall)	30	30	26	34
S4 (utrymning ur entréhall)	29	31	24	36
S5 (utrymning ur entréhall)	32	28	27	33

För S1 är förflyttningstiden lika lång oavsett ifall skogräns finns, se tabell 12 ovan. Detta beror på att utrymning mot utrymningsväg 6 tar längre tid jämfört med utrymningsväg 5, och att personerna som utrymmer genom utrymningsväg 6 inte påverkas av skogränsen. Samma princip gäller för S2, vilket resulterar i att skogränsen inte heller har någon inverkan för detta fall. Sammanfattningsvis leder borttagandet av skogränsen till en något snabbare utrymning och större positiva tidsmarginaler.

6.10 Kommentarer

Att sagorummet är ett så pass litet utrymme kan motivera frågeställningen varför ingen tidigt upptäcker branden och sedan släcker den innan brandförloppet hunnit accelerera. Brandsläckare finns placerad alldeles utanför lokalen, varför en sådan insats skulle kunna gå snabbt. Värt att poängtera här är att majoriteten av personerna som vistas i lokalen är barn, och därför oförmögna att släcka branden. Vistas en eller ett fåtal vuxna i sagorummet kan en släckinsats av dessa inte ses som någon säkerhet. Detta dels med tanke på den dåliga kunskapen kring brandskyddet bland korttidsanställda vilket visade sig i enkätundersökningen (se avsnitt 3.2.2) samt med tanke på att de fåtal vuxna som kan tänkas vistas i lokalen troligen får fullt upp med att försöka få ut alla barnen i säkerhet.

Beräknad tid till kritiska förhållanden i sagorummet är 25 sekunder, se avsnitt 6.3. Utifrån given effektutveckling och geometri som används vid simulering bedöms denna tid till kritiska förhållanden trolig. För att antända draperierna i de försök som effektutvecklingskurvan bygger på användes en brännare motsvarande en papperskorg med en effekt på 100 kW, se bilaga B. En möjlig antändningskälla för brand i sagorummet är levande ljus, se avsnitt 5.2.2. Det skulle ta längre tid att antända draperierna för en mindre antändningskälla som till exempel ett stearinljus, varför en förbrinnfas skulle behöva tilläggas i början av effektutvecklingskurvan.

För att beakta hur en mindre antändningskälla kan påverka brandförloppet undersöks effekten som en brinnande papperskorg avger. Försök för olika papperskorgar med olika vikt har utförts. Utifrån dessa försök som utförts för papperskorgar kan det konstateras att det kan ta upp till 40 sekunder för en papperskorg att avge en effekt på 100 kW (Karlsson & Quintiere, 2000). Det anses rimligt att brandförloppet skulle kunna ändras på så vis att det fördröjs upp till 40 sekunder då hänsyn tas till en förbrinnfas.

Då sagorummet är ett så pass speciellt utrymme för en offentlig byggnad (liten volym med hög brandbelastning) finns vissa svårigheter att tillämpa rekommendationer angående bland annat tid innan utrymning, det vill säga varseblivningstid och förberedelsetid. Av denna anledning adderas även vissa kommentarer kring detta nedan för att förtydliga de resonemang som förts kring frågan. Denna tid kan enligt rekommendationer bli upp till 70 sekunder, se avsnitt 6.5. Då osäkerheter kring rimligheten för tid till kritiska förhållanden och utrymningstid ligger i samma storleksordning (runt en minut) anses de jämförbara. Då den totala osäkerhet som råder för detta brandförlopp beaktas kan inte några slutsatser dras för tidsmarginalen ($t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}} > 0$). Detta resulterar i att tidsmarginalen inte kommer påverkas avsevärt då osäkerheter beaktas. Således bedöms det troligt att kritiska förhållanden kan uppstå i sagorummet innan utrymning hinner ske för alla dimensionerande utrymningsscenarioer.

7. Bokhall 301

I följande kapitel beskrivs den scenarioanalys som utförs för bokhall 301.

7.1 Effektutvecklingskurva

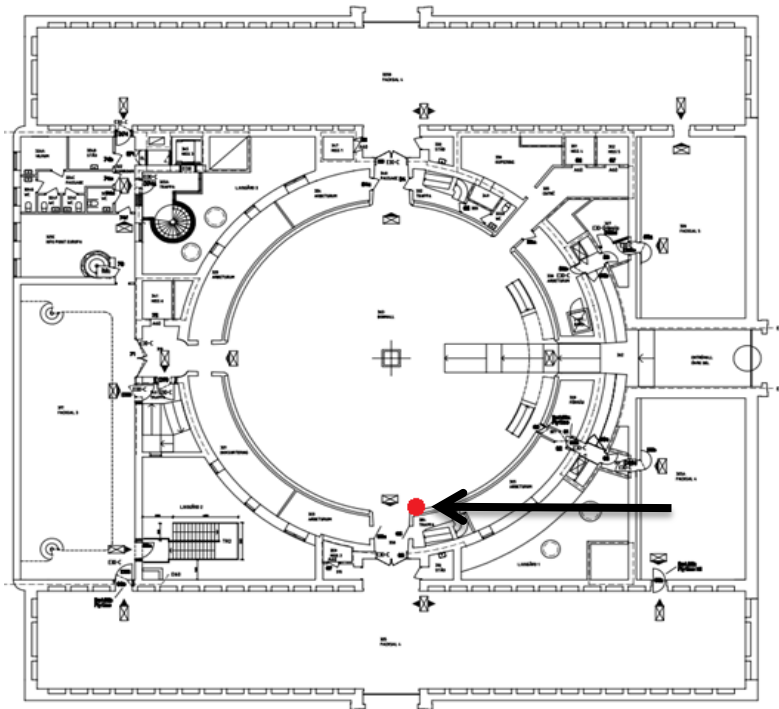
Efter 15 minuter antas räddningstjänsten vara på plats och kunna begränsa branden och ur utrymningssynpunkt anses det inte aktuellt att beakta ett brandförlopp längre än 15 minuter. Av denna anledning tas effektutvecklingskurvorna fram för de första 15 minuterna av brandförloppet. Då information om avlockning saknas samt då det antas ointressant beskrivs effektutvecklingskurvan som konstant efter det att den maximala effekten uppnåtts.

Ett dimensionerande brandscenario för bokhall 301 beskrivs nedan. Den dimensionerande branden antas starta på grund av ett elfel i någon form av elektrisk utrustning, för att sedan sprida sig till nedre delen av en bokhylla placerad längs väggen. Se brandens placering i figur 38 och 39 nedan.



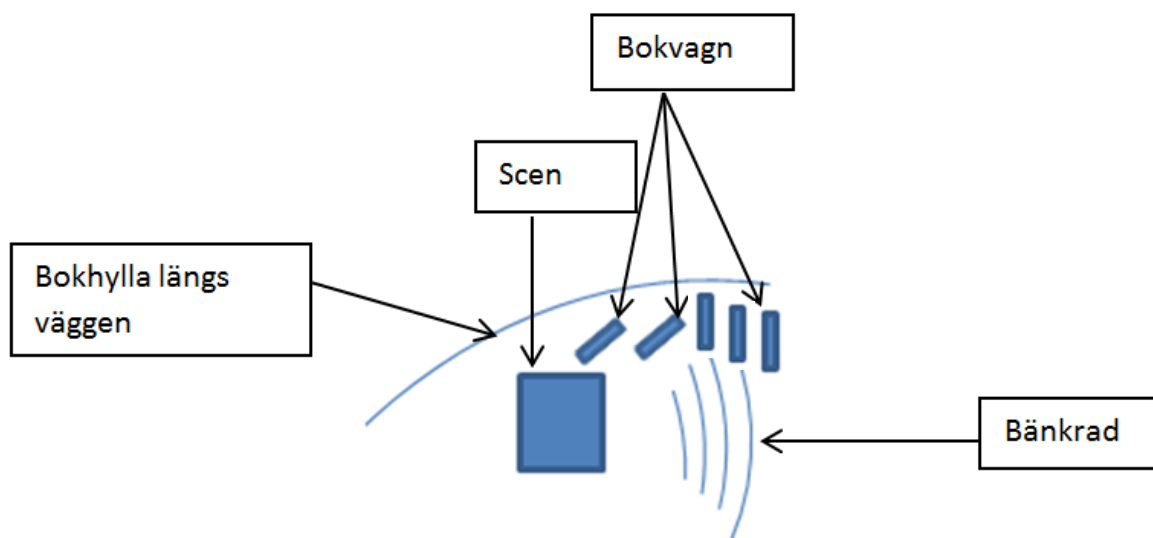
Figur 38. Brandens placering sett från entresolplan, markerad med en röd punkt.

En översiktsbild för den dimensionerande brandens placering i bokhall 301 visas i figur 39 nedan.



Figur 39. Brandens placering sett från planritning, markerad med en röd punkt.

De föremål som kan tänkas vara tillräckligt nära för att brandspridning ska ske är fem bokvagnar och fyra bänkrader. Scenen som finns i lokalen kan också tänkas antändas i ett senare skede i brandförloppet. Dessa föremål kan ses i figur 40 nedan.

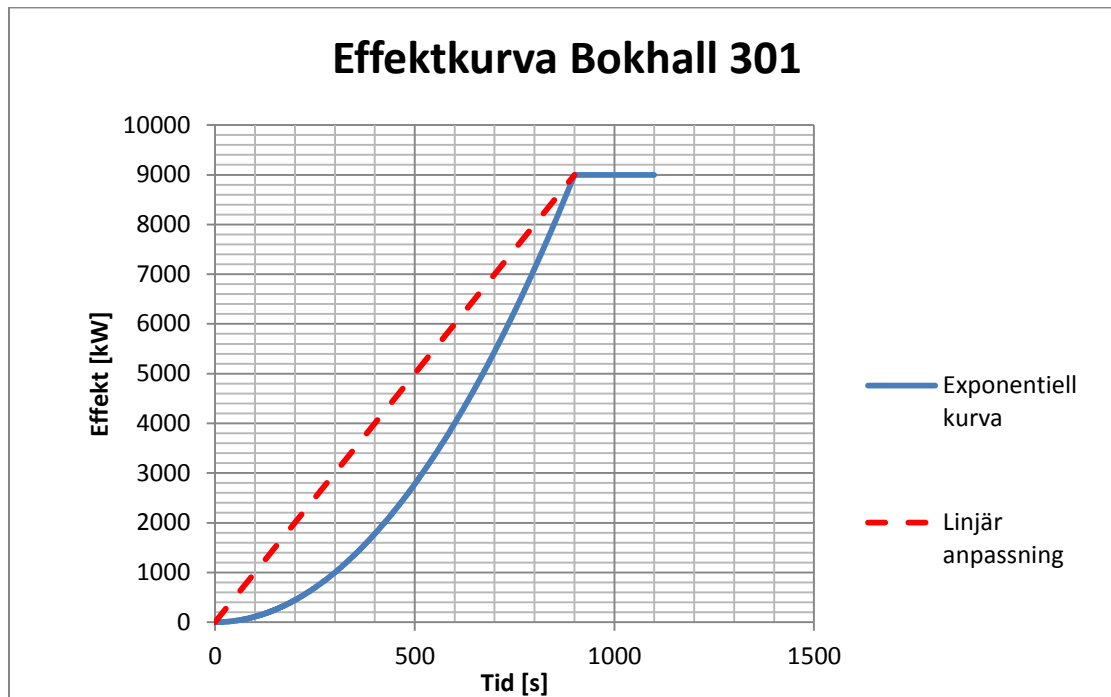


Figur 40. Brandbelastning som utgörs för dimensionerande brand i bokhall 301.

Bokvagnarna kan grovt uppskattas till en halv bokhylla med avseende på dess volym. Stolarna består av en ram i metall, säte och ryggstöd av polyuretanskum och cellulosa, och scenen antas bestå av massivt trä. Spridningen antas ske i etapper. När den första bokhyllan når sin maximala effekt sprids

branden till de fem bokvagnarna. När alla bokvagnar sedan brinner med maximal effekt antas att bänkraderna antänds och slutligen antänds scenen av de andra objekten.

Utformning av brandscenariot i bokhall 301 resulterar i en effektutvecklingskurva enligt figur 41 nedan. För noggrannare beskrivning av antaganden och beräkningar se bilaga C. Värt att poängtera är att denna är något lägre än vad som rekommenderas enligt BBRAD (10 MW). Detta förklaras i att föremålen i lokalen (så som bokhyllorna längs väggen) är så pass utspridda att återstrålningen blir lägre. Utöver detta bidrar den höga takhöjden till en lägre återstrålning från brandgaslagret, vilket även förklarar den något lägre effekten.



Figur 41. Den linjära anpassningen med tillväxthastighet 1 MW/100 sek och den slutgiltiga αt^2 -kurva där tillväxthastigheten $\alpha=0,0111$ kW/s².

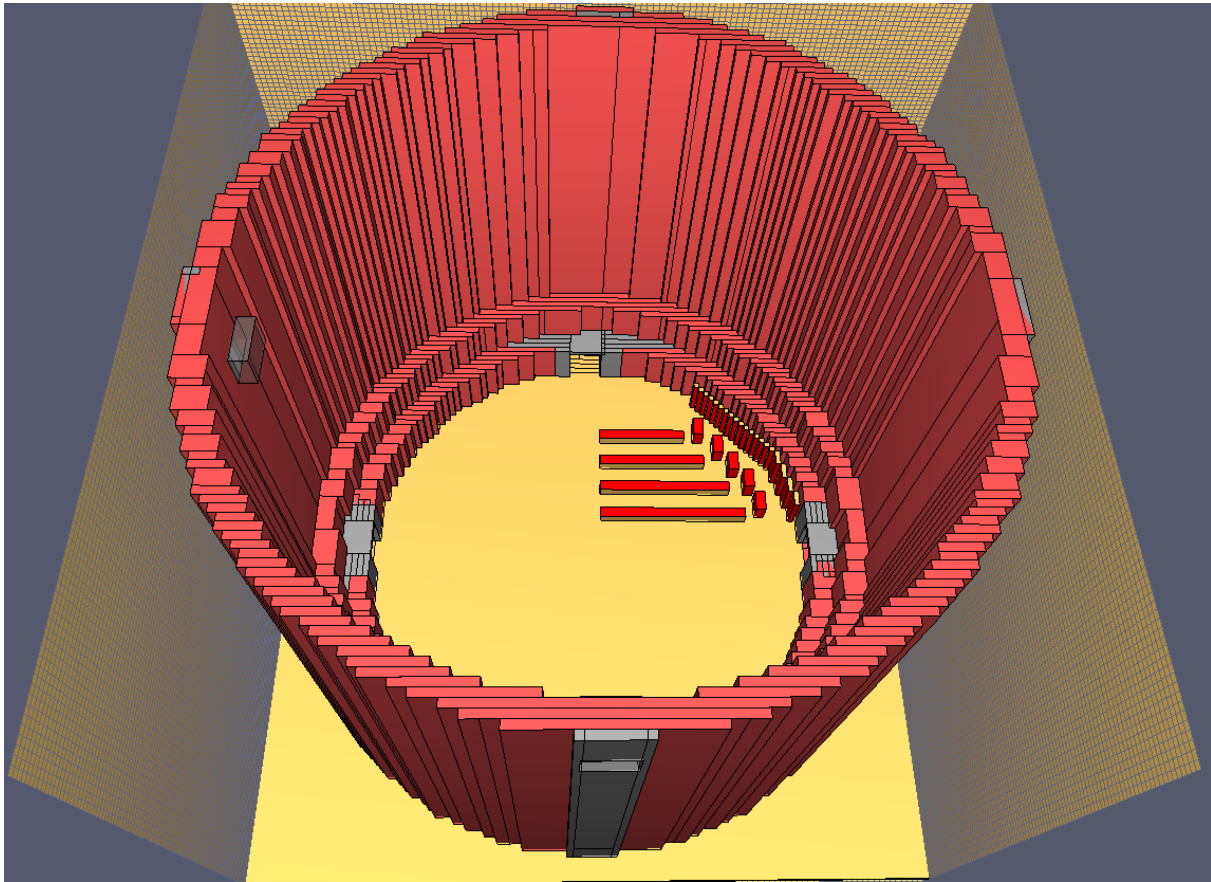
7.2 Brandmodell

Nedan beskrivs ett antal antaganden och förenklingar som gjorts vid simulering i FDS av brandförloppet i bokhall 301. En fullständig beskrivning för övriga indataparametrar som används vid simulering återges i bilaga E.

För att uppskatta tid till att kritiska förhållanden enligt kapitel 2 uppstår beräknas förhållanden för brandgaslagrets höjd, sikt, värmestrålning, temperatur och toxicitet i de dimensionerande brandutrymmena. Vidare beräknas även tid till detektoraktivering för de dimensionerande brandscenerierna.

Geometrin för bokhallen utgör den största volymen vid jämförelse mellan lokalerna för de tre dimensionerande brandscenerierna. Takhöjden på 23 meter och diametern på 26 meter för bokhallen medför att en relativt stor cellstorlek behövs användas för att kunna utföra en simulering i FDS som inte tar orimligt lång tid. Utifrån teori i avsnitt 4.2 genomförs en förenklad kontroll av vilken cellstorlek som kan tänkas lämplig att använda. Den cellstorlek som används i simulering av bokhallen är lämplig för en effekt som uppnås efter 340 sekunder in i brandförloppet. Det vill säga under de första 340 sekunderna av brandförloppet är det lämpligare att använda en mindre cellstorlek. Denna förenkling tas i beaktande vid simulering. Celler med sidan 25 centimeter används.

En förenklad uppbyggnad av geometrin som används vid simulering av ett dimensionerande brandscenario för bokhall 301 visas i figur 42 nedan.



Figur 42. Beräkningsdomän som används vid simulering i FDS, skapad i programmet pyrosim.

För att undersöka om brandgasventilationen som finns i bokhall 301 är tillräcklig för att ventilerar ut brandgaser så att dessa inte understiger en definierad kritisk nivå definieras dessa vid simuleringen. Det antas att brandgasluckorna öppnas manuellt av personalen på biblioteket efter 180 sekunder.

Mätningar gällande kritiska förhållanden i brandutrymnet utförs. Dessa görs vid alla de fyra utrymningsvägarna, mitt i rummet och vid gång mot utrymningsvägar, på totalt sex olika placeringar. Dessa placeringar väljs med motivering var utrymnande personer kan tänkas befinna sig vid pågående utrymning. I bokhallen finns rökdetektorer och två stycken linjerökdetektorer. För att beräkna detektionstiden beskrivs denna typ av detektorer vid simuleringen. Då placering av detektorerna avgör detektionstiden placeras rökdetektorerna i simuleringen ut på totalt tre olika placeringar vid fyra olika höjder i bokhallen. Linjerökdetektorerna i simuleringen placeras så att de detekterar tvärs över rummet på en höjd som stämmer överens med den höjd de är utplacerade i verkligheten.

De objekt som antas börja brinna vid den dimensionerande branden i bokhallen är träbokhyllor fyllda med böcker, träbokvagnar fyllda med böcker och metallbänkar med stoppning/sittdynor. Bränslet i FDS definieras med materialegenskaper som gäller för trä vid simuleringen. Då bänkarna (som inte består av trä) är de som antänder sist och massfraktionen är förhållandevis liten av detta material vid jämförelse med bokhyllor och bokvagnar anses denna förenkling som godtagbar.

7.3 Resultat brandsimulering

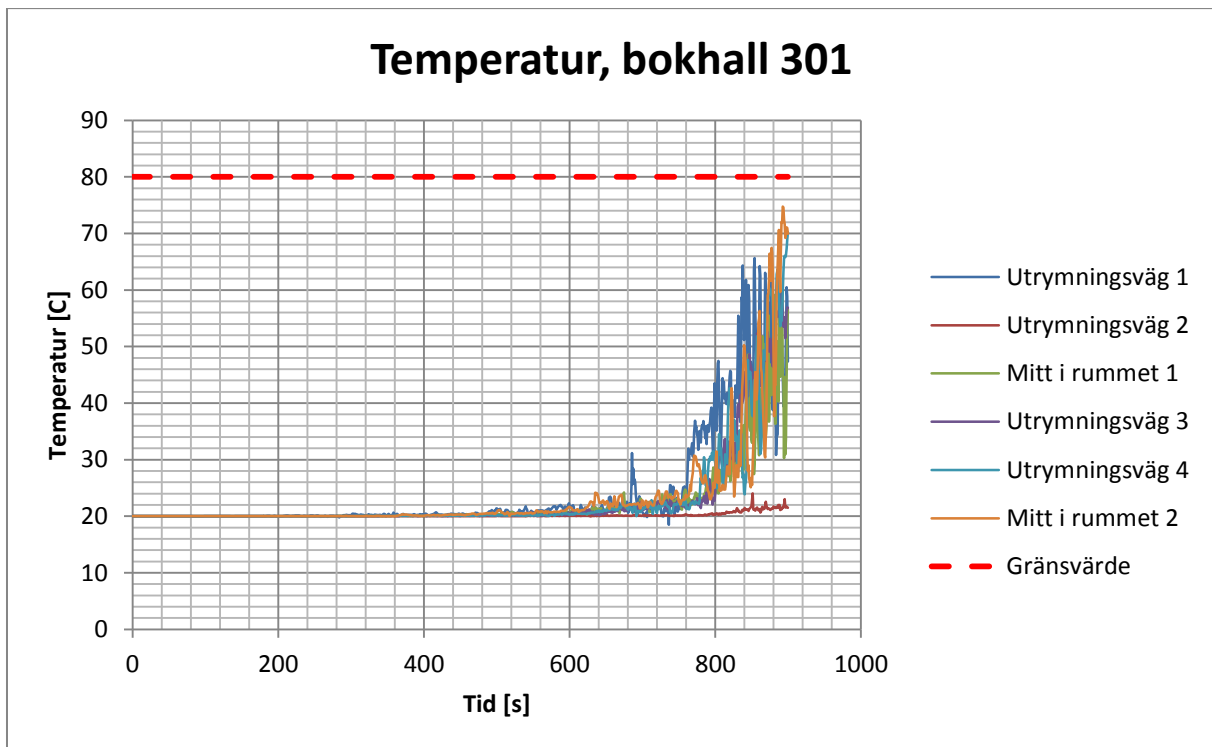
Tidpunkterna till detektoraktivering och då de olika kritiska förhållandena beskrivna i kapitel 2 uppnås presenteras nedan. Resultat visas för simulering med brandgasventilation som öppnar efter antagna 3 minuter, se avsnitt 7.2.

Detektoraktivering

Linjerökdetektorn detekterar efter 162 sekunder och rökdetektorn detekterar efter 167 sekunder, se avsnitt 7.2 för beskrivning av detektorerna.

Temperatur

Resultatet från simuleringen visar att inga kritiska temperaturer uppnås på 2 meters höjd under de 900 sekunder som simuleringen utförs. Se figur 43 nedan där temperaturen på 2 meters höjd visas som funktion av tiden för de olika mätpunkterna.

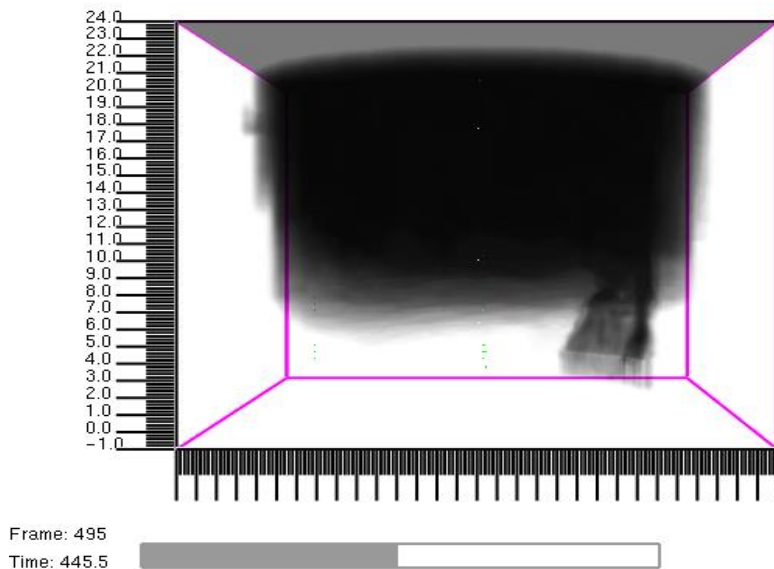


Figur 43. Beräknad temperatur som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i bokhall 301, vilken visar att ingen av mätpunkterna uppmäter kritisk temperatur inom 900 sekunder.

Brandgaslager

Brandgaslagret får enligt den ekvation som beskrivs i kapitel 2 inte nå nivån $1,6 + 0,1 \cdot 23 = 3,9$ meter från golvet. Tidpunkten till att detta sker uppskattas med hjälp av visuella observationer av rökfullnaden i resultatet från FDS till 450 sekunder. Se figur 44 nedan för brandgaslagrets nivå vid tidpunkten. Anledningen till att visuell uppskattning används istället för siktberäkning likt tidigare fall (se avsnitt 6.3) är att indata för beskrivna mätpunkter i simulering saknas. Observation av temperaturen i rummet bekräftar även att tidpunkten ligger runt 500 sekunder.

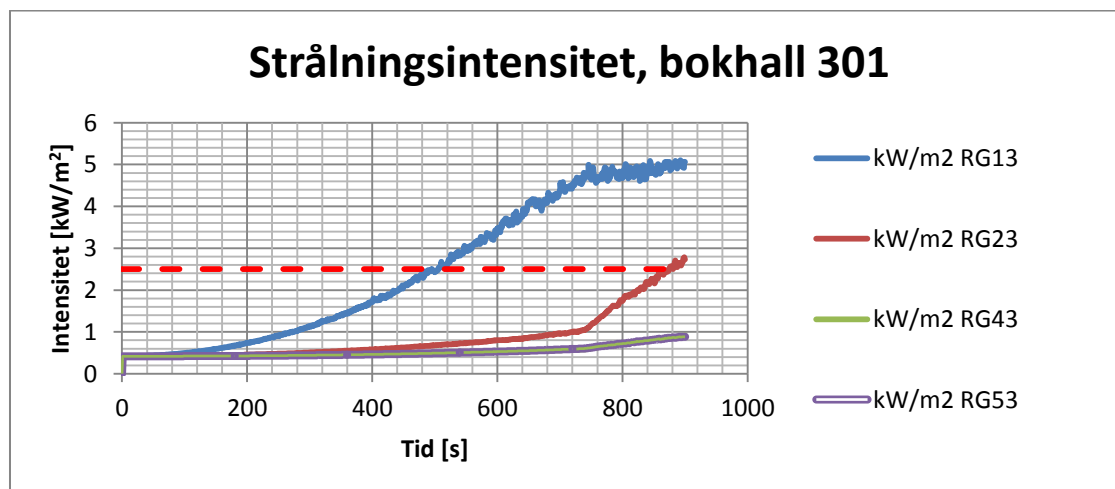
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Figur 44. Beräknad höjd av brandgaslagret i FDS för modellering av brandförloppet i bokhall 301.

Strålning

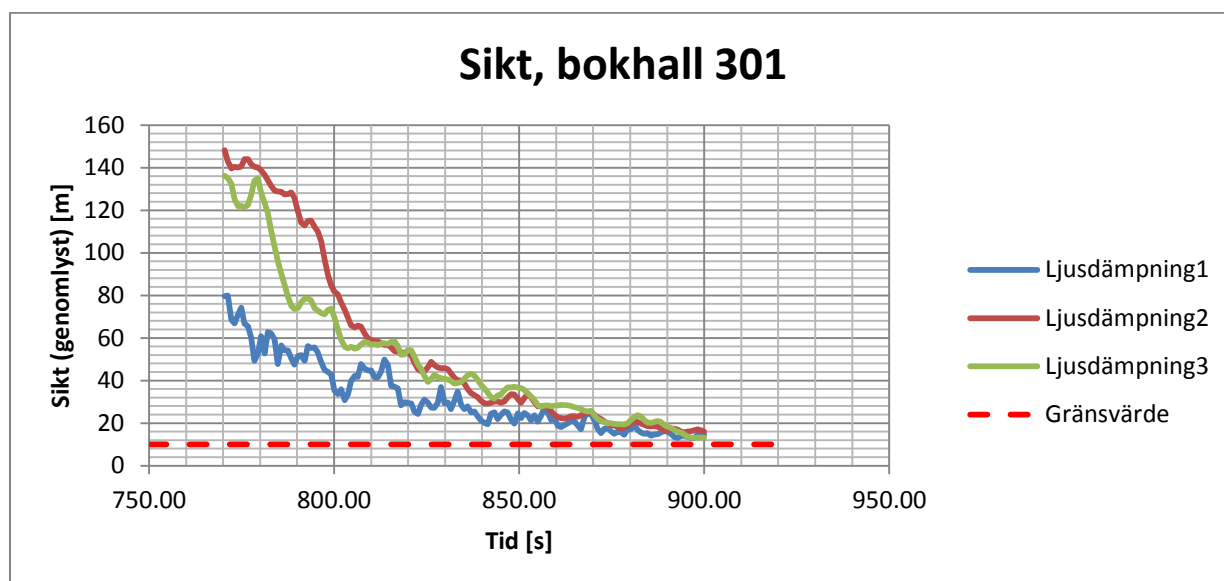
Strålningsberäkningar har utförts på flera ställen i simuleringen. De mätpunkter som väljs att granskas noggrannare är de vid de fyra utrymningsvägarna. I resultatet som visas i figur 45 nedan kan utläsas att gränsvärdet för kortvarig exponering på 10 kW/m^2 aldrig uppnås inom de 900 sekunderna som granskas. Gränsvärdet för långvarig exponering på $2,5 \text{ kW/m}^2$ uppnås dock. Detta sker först vid utrymningsvägen närmast branden efter 500 sekunder. Även utrymningsvägen mot huvudentrén uppnår till slut efter 870 sekunder detta gränsvärde. Detta är troligen av mindre intresse då utrymning genom korridoren inte kommer leda till någon längre exponering utan ske relativt snabbt. Därför bedöms kritiska förhållanden på grund av strålning inte uppnås enligt resultaten från FDS.



Figur 45. Beräknad strålningsintensitet som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i bokhall 301.

Sikt

Beräkningsgången för sikt beskrivs i bilaga F. Utgångspunkten för beräkningen är ljusdämpningen från simuleringsresultatet. Detta resulterar i att en kritisk tid för sikt på 2 meters höjd inte nås efter 900 sekunder. Siktlängden för ett upplyst objekt visas som funktion av tiden i figur 46 nedan.



Figur 46. Beräknad sikt som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i bokhall 301.

Tabell 13 nedan visar sammanställningen av de kritiska tiderna för bokhallen. Observera att kritisk höjd på brandgaslagret i sig inte räcker till för att kritiska förhållanden ska vara uppnådda, utan endast i kombination med bristande sikt (se kapitel 2). Därför kan konstateras att inga kritiska förhållanden uppnås inom 900 sekunder, det vill säga $t_{kritisk} > 900$ s. Det kan även anses märkligt att brandgaslagrets höjd blir kritiskt innan sikten. Anledningen till detta är att formeln för kritisk höjd på brandgaslagret är baserad på takhöjden (se kapitel 2) och då denna lokal har högt i tak hamnar även den kritiska höjden betydligt högre än var siktmätningen utförs, det vill säga 2 meter.

Tabell 13. Sammanställning av beräknad tid till kritiska förhållanden i bokhall 301 för varierande parametrar.

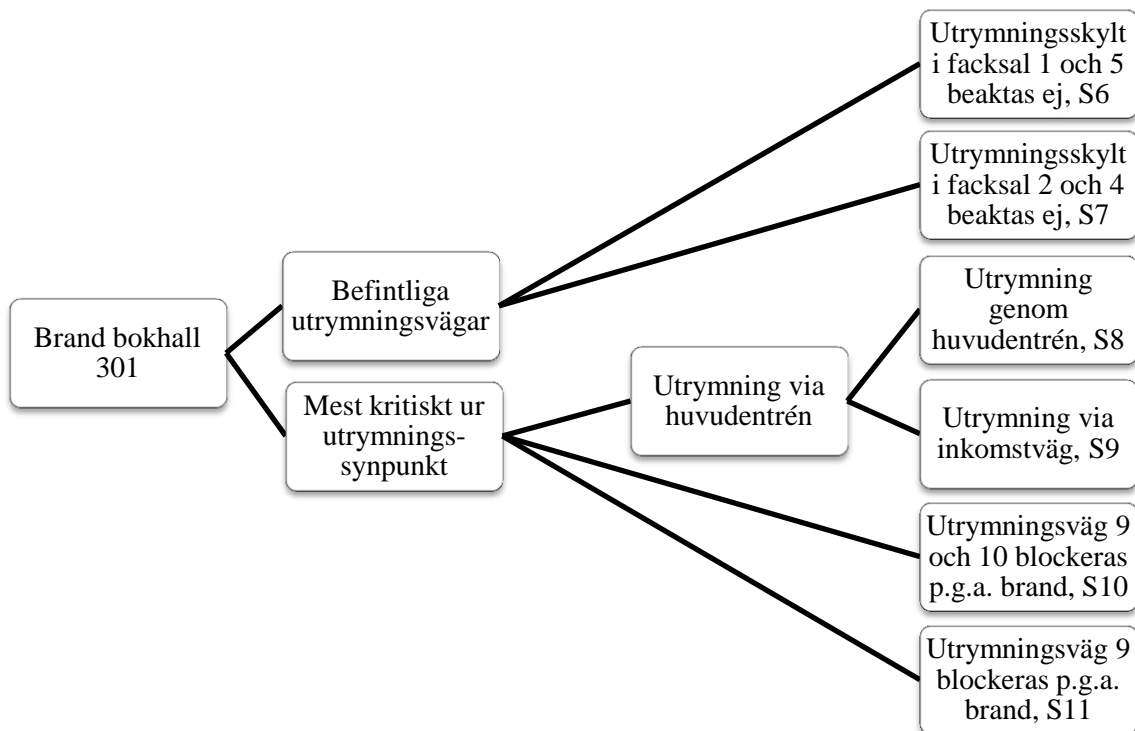
Parameter	Tid till kritiskt förhållande [s]
Temperatur	-
Brandgaslager	(450)
Strålning	-
Sikt	-

7.4 Utrymningsmodell

För utrymningsmodellen används samma antaganden och förenklingar som beskrivs i avsnitt 6.4. Ett antal antaganden och förenklingar som är specifika för utrymningsscenariot i bokhall 301 beskrivs nedan. En fullständig beskrivning för övriga indataparametrar som används vid simulering återges i bilaga I.

Utgångspunkt för val av utrymningsscenarier för brand i bokhall 301 är motsvarande som vid val för sagorummet. Detta innebär att ett troligt kritiskt scenario studeras samt de befintliga utrymningsvägarna. Variation i blockering av de olika utrymningsvägarna utförs för att analysera effekterna av detta.

Vid bestämning av tänkbara utrymningsscenarier som kan inträffa i bokhallen följs händelseträdet i figur 47 nedan.



Figur 47. Händelseträd som visar tankegången kring val av utrymningsscenarier för det dimensionerade brandscenariot i bokhall 301.

De scenarier som beaktas vid simuleringar av utrymningsförloppet i bokhall 301 beskrivs nedan.

Scenario:

- S6 Utrymning från facksal 1 och facksal 5 sker via utrymningsväg 13 respektive 12 (se figur 8b). Utrymning från facksal 2 fördelas jämt mellan utrymningsväg 13 och 14, och utrymning från facksal 4 fördelas jämt mellan utrymningsväg 12 och 18. I övrigt antas samtliga utrymningsvägar vara tillgängliga och vid val av utrymningsväg är fördelningen jämn för alla tillgängliga utrymningsvägar i varje lokal i hela byggnaden.
- S7 Utrymning från facksal 2 och facksal 4 sker via utrymningsväg 14 respektive 18 (se figur 8b). Utrymning från facksal 1 fördelas jämt mellan utrymningsväg 13 och 14, och utrymning från facksal 5 fördelas jämt mellan utrymningsväg 12 och 18. I övrigt samma som scenario S6.
- S8 Utrymning sker genom huvudentrén. Utrymning sker då via huvudentrén från hela plan 2 och även de som befinner sig i facksal 1, 2, 4 och 5 på plan 3 utrymmer via huvudentrén. I övrigt samma som scenario S6.
- S9 Utrymning sker genom inkomstväg och det antas att de personer som befinner sig i biblioteket kom in genom huvudentrén.
- S10 På grund av brand antas utrymningsväg 9 och utrymningsväg 10 vara blockerade. I övrigt samma som scenario S6.
- S11 På grund av brand antas utrymningsväg 9 vara blockerad. I övrigt samma som scenario S6.

7.5 Resultat utrymnings simulering

I detta kapitel redovisas resultat från de studerade scenariernas utrymningsförlopp som simuleras i programmet Simulex. De beräknade resultaten avser förflyttningstid, och till dessa tider kommer sedan tider för förberedelse att adderas. Vid simulering av utrymningsförlopp undersöks olika utrymningsscenarier beroende på vilken väg personerna väljer att utrymma genom. Tiderna för de olika scenarierna jämförs för att undersöka för vilka scenarier problem vid utrymning kan ske.

Vid simulering beaktas endast förflyttningstid för simuleringarna av utrymningsförloppen. Varseblivningstid och förberedelsetid tas då inte hänsyn till (se kapitel 4.1 för beskrivning av begrepp). Förberedelsetiden för utrymmande personer kan antas skilja sig åt, dock antas det värsta troliga fallet för dessa scenarier vara att alla personer har ungefär samma förberedelsetid. Detta ger upphov till mer köbildning då alla rör sig mot utrymningsvägar samtidigt, således simuleras värsta troliga fall för scenarierna. Denna tid adderas därför i efterhand till samtliga utrymningsscenarier.

För scenariot i bokhall 301 beräknas detektionstiden till cirka 165 sekunder. Då bokhallen är lätt överblickbar och då det alltid antas vistas personal i bokhallen bedöms det troligt att personalen upptäcker branden innan detektion sker. Det antas att det tar en minut för personal att upptäcka branden och manuellt aktivera brandlarmet. Vidare anges varseblivningstiden till en minut för utrymningsscenariot i bokhall 301.

Utifrån rekommendationer anges förberedelsetiden till 1 minut (BFS, 2012). Dessa rekommendationer avser mindre lokaler som mindre biograf, butik och kyrka med larmdon i aktuell lokal där utrymmande personer inte ser branden. Att biblioteket inte bedöms tillhöra kategorin ”varuhus” beror på att personer i varuhus antas stå i kassor och inte vilja lämna sina varor vilket resulterar i en förlängd förberedelsetid. I offentliga lokaler där utrymmande personer ser branden anges förberedelsetiden till 1 minut enligt rekommendationer (BFS, 2012).

Då rekommendationerna är lika oavsett ifall personer ser branden eller inte anges förberedelsetiden till 1 minut för alla utrymmande personer för de dimensionerande scenarierna i bokhallen. Vidare anges den totala tiden innan utrymning inleds till 120 sekunder för det dimensionerande brandscenariot i bokhall 301.

De förflyttningstider som framtagits beskriver tiden det tar för alla personer att utrymma från den lokal som den dimensionerande branden är utplacerad i. Detta då kritiska förhållanden endast beaktats för dessa lokaler. Således kan personer fortfarande befinna sig i bygganden då förflyttningstid beaktas. Resultat för de simulerade utrymningsförloppen i bokhall 301 redovisas i tabell 14 nedan.

Tabell 14. Sammanställning av beräknad utrymningstid för utrymning ut ur bokhall 301.

Scenario	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Förflyttningstid [s]	168	168	206	378	242	196
Total tid för utrymning [s]	288	288	326	498	362	316

Det scenario som utmärker sig och är det mest kritiska ur utrymnings synpunkt är scenario S9 där det blir en stor köbildning vid utrymningsväg 9, se figur 8b. I verkligheten är det möjligt att människorna som befinner sig i kön skulle byta riktning när de observerar att det går snabbare att utrymma genom en annan väg. Detta skulle leda till en mindre kö vid utrymningsväg 9 vilket i sin tur skulle leda till en snabbare utrymning ur bokhallen. Övriga scenarier anses jämförbara i storleksordning och ligger inom intervallet 288-362 sekunder. Då resultat för alla scenarier utom ett ger värden inom detta intervall antas det sannolikt att utrymningstiden kommer vara inom intervallet.

7.6 Jämförelse resultat

Enligt krav för säker utrymning definierade i avsnitt 4.1 skall utrymmande personer vara i säkerhet innan kritiska förhållanden i lokalen de befinner sig i uppstår, det vill säga $t_{\text{tillgänglig}} > t_{\text{utrymning}}$. Detta uttryck skrivs om så att $t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}} > 0$. I tabell 15 nedan jämförs tid för utrymning för varje utrymningsscenario med tid till att kritiska förhållanden uppstår i denna lokal.

Tabell 15. Sammanställande resultat för beräknad utrymningstid och tid till kritiska förhållanden för det dimensionerande brandscenariot i bokhall 301.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Tid till kritiska förhållanden [s]	Total utrymningstid [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}}$ [s]
S6 (utrymning ur bokhall 301)	>900	288	>612
S7 (utrymning ur bokhall 301)		288	>612
S8 (utrymning ur bokhall 301)		326	>574
S9 (utrymning ur bokhall 301)		498	>402
S10 (utrymning ur bokhall 301)		362	>538
S11 (utrymning ur bokhall 301)		316	>584

Ur tabell 15 utläses att positiv differens uppstår för samtliga utrymningsscenarioer. Detta visar att säker utrymning uppfylls.

7.7 Känslighetsanalys

Nedan undersöks robustheten för variabler som kan tänkas påverka tidsmarginalen för scenariot brand i bokhall 301 och som anses osäkra. Variablerna gånghastighet och val av utrymningsväg analyseras kvantitativt medan variablerna effektutveckling, brandgasventilation och cellstorlek analyseras kvalitativt.

Gånghastighet

Undersökning av gånghastighetens påverkan på utrymningstiderna görs genom att jämföra resultatet av beräknade tider då hastigheten är 1,2 m/s med en lägre hastighet, 1 m/s. Resultatet visas i tabell 16 nedan.

Tabell 16. Beräknad utrymningstid där gånghastigheten varierar för brandscenariot i bokhall 301.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Utrymningstid för gånghastighet 1,2 m/s [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}}$	Utrymningstid för gånghastighet 1m/s [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}}$
S6 (utrymning ur bokhall 301)	288	612	310	590
S7 (utrymning ur bokhall 301)	288	612	310	590
S8 (utrymning ur bokhall 301)	326	574	376	524
S9 (utrymning ur bokhall 301)	498	402	575	325
S10 (utrymning ur bokhall 301)	362	538	391	509
S11 (utrymning ur bokhall 301)	316	584	335	565

Då hastigheten minskas från 1,2 m/s till 1 m/s minskar tidsmarginalen med 22 till 77 sekunder. Dock hinner personerna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår för samtliga scenarier. Osäkerheterna kring gånghastigheten anses således inte påverka resultatet.

Val av utrymningsväg

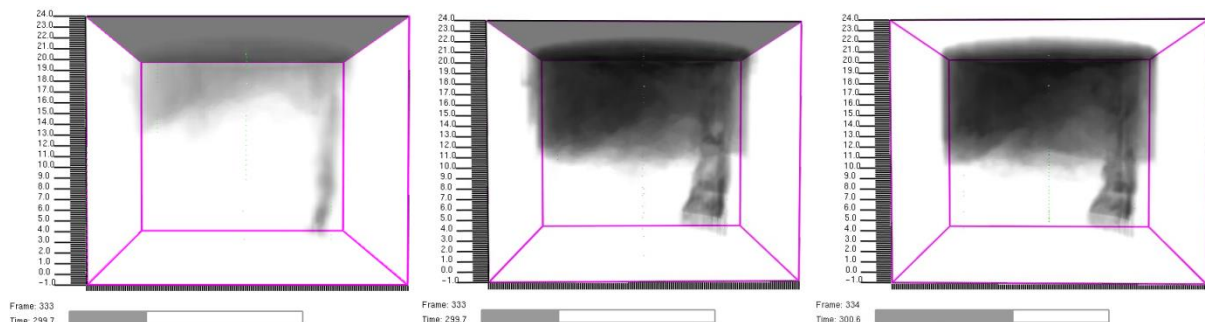
Beroende på val av utrymningsväg skiljer det 3,5 minuter mellan utrymningstiderna, se tabell 16 ovan. För samtliga scenarier hinner personerna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Således medför val av utrymningsväg inte någon utmärkande osäkerhet.

Effektutveckling

Den dimensionerande effektutveckling som används i FDS grundas i försök som anses väl representativa för de objekt som antas brinna i bokhallen. I bokhallen har bränslet (bokhyllor, bokvagnar och bänkar) ungefär samma tillväxthastighet och hur branden sprider sig mellan dessa föremål har då inte en så stor påverkan på effektutvecklingen.

Brandgasventilation

Brandgasluckorna som öppnades efter 180 sekunder i simuleringen hade inte så stor effekt på brandgaslagrets höjd. Höjden stabiliserades inte utan fortsatte att sjunka. I simuleringen utan brandgasluckor skedde sänkningen marginellt snabbare, se figur 48 nedan. I simuleringen med brandgasluckor sjönk brandgaslagret långsammare (0,5 meter skillnad 300 sekunder in i simuleringen).



Figur 48. Jämförelse av brandgaslagrets höjd i bokhall 301 efter 300 sekunder. Bild till vänster gäller för en dubbelt så stor cellstorlek, bild i mitten gäller med brandgasventilation och bild till höger gäller utan brandgasventilation. Det skiljer en halvmeter mellan simuleringarna med och utan brandgasventilation.

Cellstorlek

Vid jämförelse av en simulering med dubbelt så stora celler ses tydligt att nodkonvergens inte uppnåts för simuleringen med dubbelt så stora celler. Dels är temperaturen betydligt lägre och dels är brandgaslagrets höjd mycket högre vilket syns i figur 48 ovan. Det är troligt att om nodkonvergens inte har uppnåts kommer troligen brandgaslagrets höjd vara lägre samt att temperaturen kommer vara högre. Den osäkerhet som föreligger kring parametern cellstorlek bedöms bidra med störst osäkerhet kring resultatet.

7.8 Åtgärdsförslag

Nedan presenteras ett antal åtgärdsförslag till följd av resultat för beräkningar som gjorts för scenariot i bokhall 301. Flertalet av dessa åtgärder observerades som brister i befintligt brandskydd enligt avsnitt 3.2.4.

Kontroll av svällisterna mellan bokhallen och intilliggande facksalar måste även kontrolleras så att de finns monterade. Denna rekommendation görs utifrån uppmärksammade brister under platsbesöket. Alternativ till svällister kan också undersökas. Detta av anledning att brandgaserna från brand i bokhall 301 kommer ha så pass låga temperaturer när de når dörren på grund av lokalens höga takhöjd. Skulle detta vara fallet är det inte säkert att svällning av listerna kommer ske och brandcellsgränsen kommer inte då upprätthållas.

Kontroll bör utföras av brandgasventilationen vilket bland annat innefattar en kontroll av tilluft för ventilationen. Enligt de beräkningar som utförts i analysen och visas i bilaga H finns vissa problem med den befintliga utformningen. Simuleringarna för lokalen visar att både med och utan brandgasventilationen hinner folk som befinner sig i denna lokal utrymma, vilket skulle innebära att säkerheten i dagsläget är tillräcklig oavsett funktionen på brandgasventilationen. Det kan dock tänkas att fler än de som vistas i lokalen skulle utrymma härigenom vid ett skarpt läge. Detta för att människor gärna utrymmer samma väg som de kommit in (Sime, 1985). I detta fall skulle

brandgasventilationens funktion vara av större betydelse. I annat fall är det ett viktigt redskap för räddningstjänsten när de gör sin insats.

Skyltarna för utrymning i bokhallen rekommenderas även att bytas till genomlysta skyltar av enhetlig typ.

Det finns exempel på ogästvänliga utrymningsvägar i byggnaden, se figur 16. Dessa bör förändras genom exempelvis bättre belysning och ommålning för att bidra till en säkrare utrymning.

Installation av automatisk dörröppnare vid huvudentrén kopplad till aktiveringssystemet för brandgasluckorna bör utföras. Detta för att säkerhetsställa tilluft vid brandgasventilation.

I avsnitt 3.2.2 lyfts brister fram i det organisatoriska brandskyddet. Det visade sig i enkätundersökning att vikarier och korttidsanställda upplever osäkerhet kring brandsäkerheten i biblioteket. Detta bör åtgärdas med hjälp av tydligare instruktioner gällande brandsäkerhet även vid denna typ av tillfällig anställning.

Åtgärdsförslagen består för bokhallen alltså av sex punkter. Rekommendationerna delas upp i två grupper, de som *ska* vidtas för att personsäkerheten ska kunna säkerställas och de som *bör* vidtas för ytterligare förbättra den befintliga situationen.

Åtgärder som *ska* genomföras:

- Kontroll av svällisterna

Åtgärder som *bör* genomföras:

- Kontroll av brandgasventilationens funktion
- Byt ut efterlysande skyltar mot enhetliga genomlysta skyltar
- Förändring av ogästvänliga utrymningsvägar
- Installera automatisk dörröppnare i huvudentrén
- Tydligare instruktioner gällande brandskydd för vikarier och korttidsanställda

7.9 Verifiering av åtgärder

Då problematik föreligger kring kvantitativ verifiering av åtgärdsförslag för detta scenario verifieras förslagen kvalitativt nedan.

För att upprätthålla brandcellsgränsen mellan facksal och bokhall är det viktigt att dörrarna sluter tätt. För att detta ska fungera krävs att svällisterna sitter riktigt monterade, då det i annat fall blir en springa mellan dörrbladen där brandgaser kan läcka igenom. Detta skulle försvåra både utrymning och räddningstjänstens insatser.

Att byta ut samtliga utrymningsskyltar till genomlyst modell bidrar till snabbare utrymning då dessa är lättare att upptäcka.

7.10 Kommentarer

Utifrån resultat för beräknad utrymningstid och tid till kritiska förhållanden kan det konstateras att utrymning kan ske på ett tillfredsställande sätt från bokhall 301. Detta kan ses tydligt för de positiva tidsmarginalerna för samtliga scenarier. Personsäkerheten i lokalen anses god, dock bör brandgasluckornas funktion kontrolleras då räddningstjänstens insats tas vid beaktande.

Då bokhallen emellanåt hyser stort personantal är det viktigt att direktiven vid utrymning är tydliga. Detta kan ses i tabell 15 i avsnitt 7.6 där personer utrymmer genom inkomstväg från samtliga lokaler, vilket inte är tanken. Vidare blir utrymningstiden för detta scenario betydligt längre än övriga, varför det är viktigt med tydligt markerade utrymningsvägar samt direktiv från personal i denna lokal.

8. Facksal 1

I följande kapitel beskrivs den scenarioanalys som utförs för facksal 1.

8.1 Effektutvecklingskurva

Efter 15 minuter antas räddningstjänsten vara på plats och kunna begränsa branden och ur utrymningssynpunkt anses det inte aktuellt att beakta ett brandförlopp längre än 15 minuter. Av denna anledning tas effektutvecklingskurvorna fram för de första 15 minuterna av brandförloppet. Då information om avlockning saknas samt att detta antas ointressant så beskrivs effektutvecklingskurvan som konstant efter det att den maximala effekten uppnåtts.

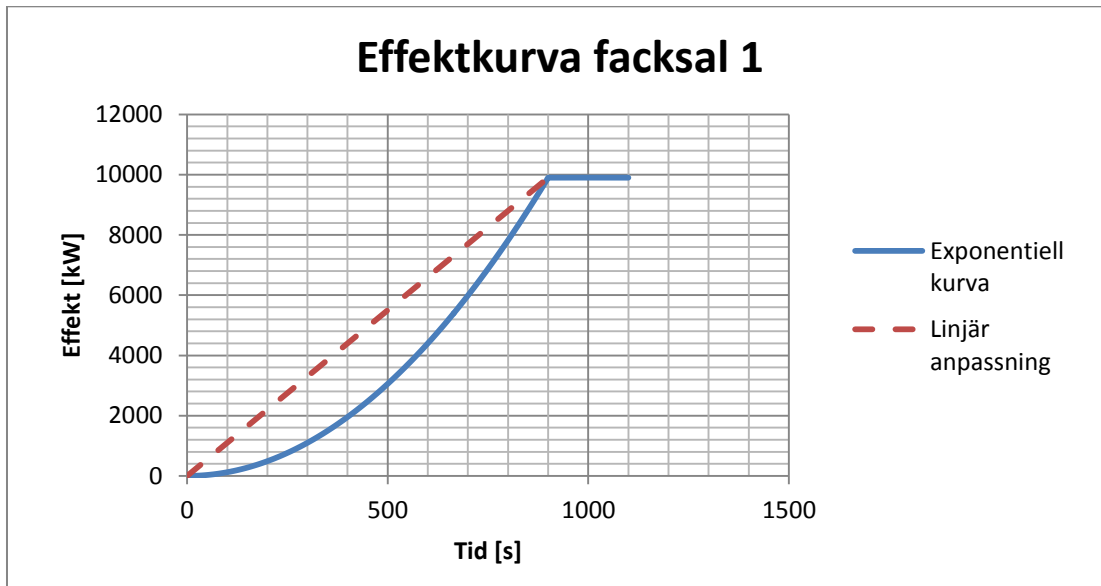
Ett dimensionerande brandscenario för facksal 1 beskrivs nedan. Antändning av branden antas ske längst ner i bokhyllan vid väggen, till höger om ingången, och det antas att branden sprider sig vidare i bokhyllan. Den dimensionerande brandens placering visas i figur 49 nedan.



Figur 49. Brandens placering i facksal 1, markerad med en röd cirkel.

För att bedöma om brandspridning kommer att ske till de bokhyllor som står placerade mitt emot bokhyllorna längs med väggen utförs strålningsberäkningar. Det är även möjligt att branden sprider sig till bokhyllor vid den andra sidan gången och närliggande stolar och bord. För att ta reda på när den närmaste raden av bokhyllor antänder utförs strålningsberäkningar, se bilaga G.

Utformning av brandscenariot i facksal 1 resulterar i en effektutvecklingskurva enligt figur 50 nedan. För noggrannare beskrivning av antaganden och beräkningar se bilaga D.



Figur 50. Den linjära anpassningen med tillväxthastighet 1.1 MW/100 sek och den slutgiltiga αt^2 -kurva där tillväxthastigheten $\alpha=0,0122$ kW/s².

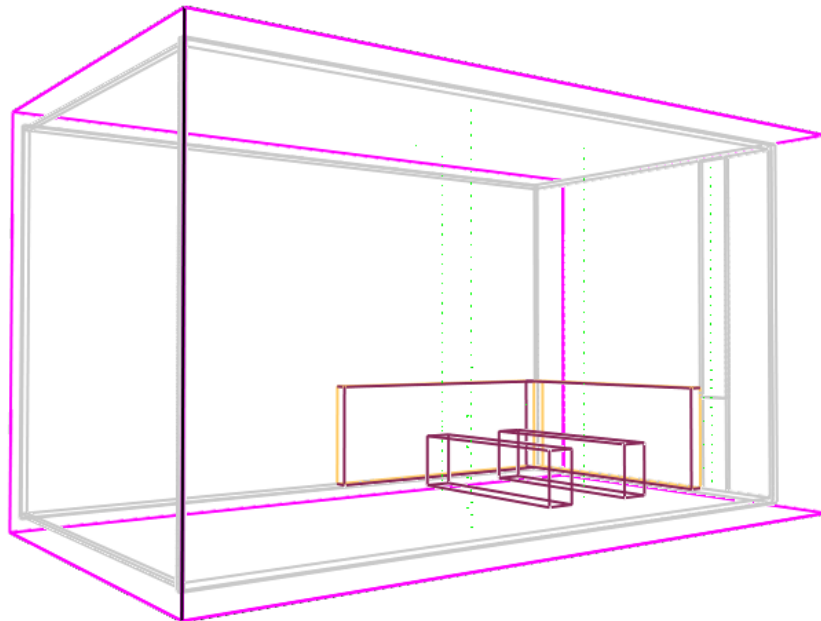
8.2 Brandmodell

Nedan beskrivs ett antal antaganden och förenklingar som gjorts vid simulering i FDS av brandförloppet i facksal 1. En fullständig beskrivning för övriga indataparametrar som används vid simulering återges i bilaga E.

För att uppskatta tid till det att de kritiska förhållanden som beskrivs i kapitel 2 uppstår beräknas förhållanden för brandgaslagrates höjd, sikt, värmestrålning, temperatur och toxicitet i de dimensionerande brandutrymmena. Vidare beräknas även tid till detektoraktivering för de dimensionerande brandscenarierna.

Vid val av cellstorlek i simuleringen beaktas brandens effektutveckling enligt teori i avsnitt 4.2. Den förenklade kontroll som används visar att cellstorleken som används är lämplig för den effekt som uppnås efter cirka 150 sekunder in i brandförloppet. Enligt denna förenklade kontroll bör en mindre cellstorlek väljas för de första 150 sekunderna av brandförloppet för att bättre representera brandförloppet. Denna förenkling tas i beaktande och diskuteras vidare i avsnitt 9.2.

En förenklad uppbyggnad av geometrin som används vid simulering av ett dimensionerande brandscenario för facksalen visas i figur 51 nedan.



Figur 51. Beräkningsdomän som används vid simulering i FDS.

För att uppskatta en tid till att kritiska förhållanden uppstår beräknas de variabler som definieras i avsnitt 2. Beräkningar görs vid fyra olika placeringar; precis vid de två utrymningsvägarna, vid trolig väg mot utrymningsvägarna och mitt i rummet, se figur 51 ovan. För att beräkna varseblivningstiden för personer i lokalen undersöks tid till detektion. För att representera den detektor som finns utplacerad i facksalen beskrivs en linjerökdetektor vid takhöjd i FDS.

Det bränsle som beskrivs vid simuleringen är trä. De objekt som antas börja brinna vid den dimensionerande branden i simuleringen är bokhyllor gjorda av trä och böcker.

8.3 Resultat brandsimulering

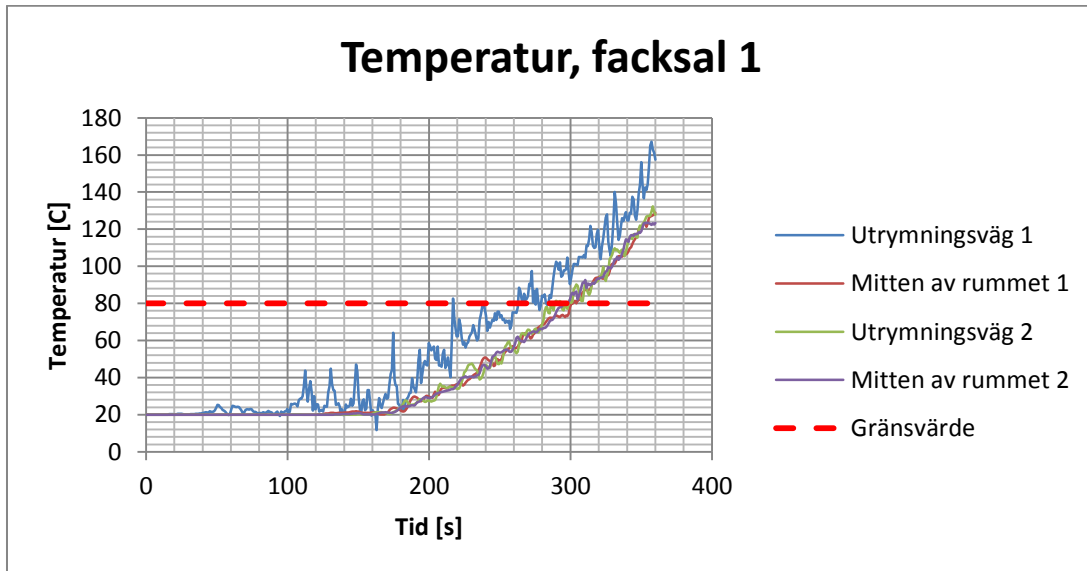
Tidpunkterna till detektoraktivering och då de olika kritiska förhållandena beskrivna i kapitel 2 uppnås presenteras nedan.

Detektoraktivering

Detektoraktivering sker i facksalen efter 42 sekunder. Det är då linjedetektorn beskriven i avsnitt 8.2 som detekterar.

Temperatur

Resultatet från simuleringen visar att temperaturen 80°C uppnås första gången efter 220 sekunder, detta vid utrymningsvägen närmast branden. Se figur 52 nedan där temperaturen på 2 meters höjd visas som funktion av tiden för de olika mätpunkterna. Som synes i denna figur är första passeringen av gränsvärdet något som kan bedömas som en tillfällig ”peak”. Vad som är mer intressant ur utrymningsynpunkt är då förhållandena vid båda utrymningsvägarna uppnått kritiska nivåer, det vill säga tidpunkten då personer som vistas i rummet måste hunnit utrymma. Detta sker då även den inre utrymningsvägen, utrymningsväg 2 passerat gränsvärdet. Detta sker efter 300 sekunder.

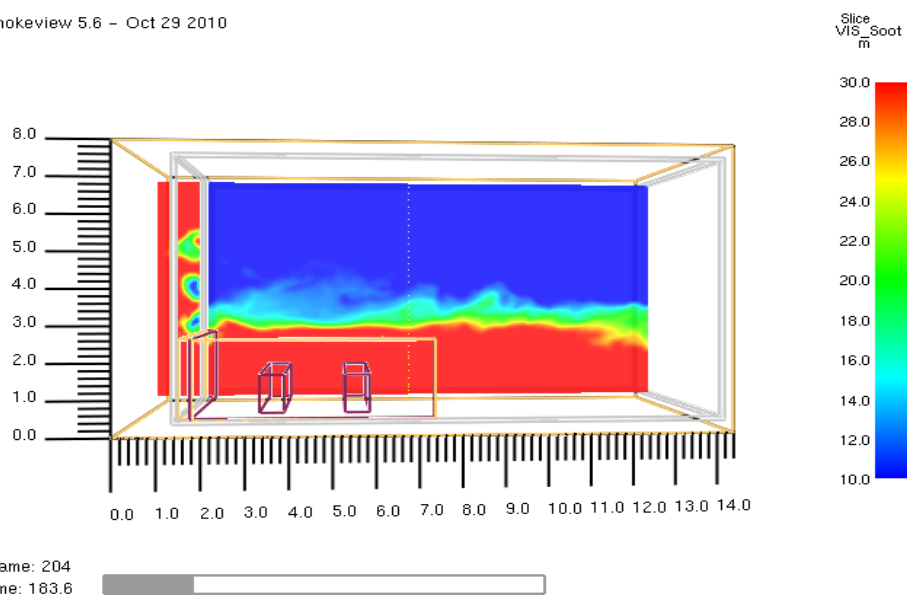


Figur 52. Beräknad temperatur som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i facksal 1.

Brandgaslager

Brandgaslagret får enligt den ekvation som beskrivs i kapitel 2 inte nå nivån $1,6 + 0,1 \cdot 7,2 = 2,32$ meter från golvet. Tidpunkten till att detta sker uppskattas med hjälp av en så kallad slicefile för sikten i resultatet från FDS till 180 sekunder. Detta är precis innan brandgaserna börjar strömma ut genom dörröppningen på två meters höjd. Se figur 53 nedan för beräknad sikt för ett genomskärande plan i rummet. Visuellt uppskattning samt observation av temperaturen i rummet bekräftar även att tidpunkten ligger runt 180 sekunder.

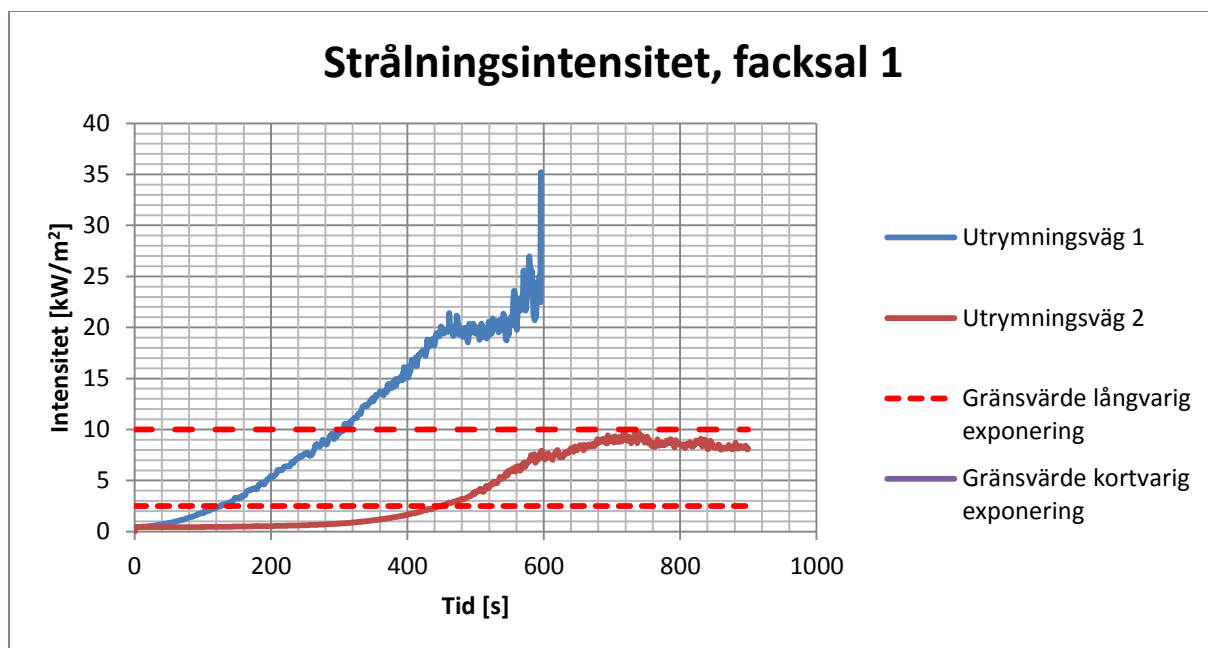
Smokeview 5.6 – Oct 29 2010



Figur 53. Beräknad sikt för ett genomskärande plan i FDS för modellering av brandförloppet i facksal 1.

Strålning

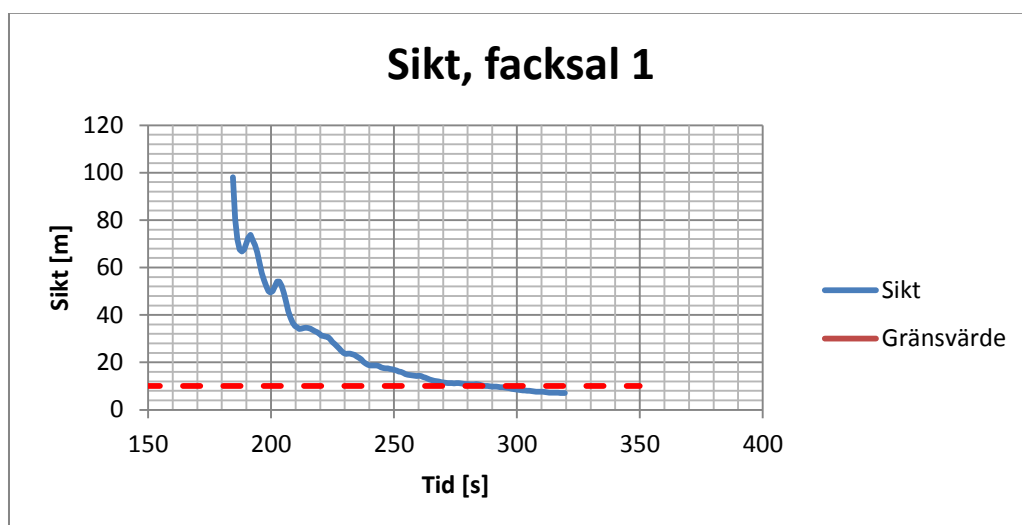
Strålningsberäkningar har utförts på flera ställen i simuleringen, dels vid de två utrymningsvägarna. Den infallande strålningen mot en punkt två meter från golvet i vardera utrymningsväg visas som funktion av tiden i figur 54 nedan. Resultatet visar att gränsvärdet för långvarig exponering uppnås i utrymningsvägen som ligger placerad närmast branden efter 130 sekunder. Gränsvärdet för kortvarig exponering uppnås i samma utrymningsväg efter 300 sekunder. Utrymningsvägen som ligger placerad längst ifrån branden uppnår enligt resultatet från FDS aldrig gränsvärdet för kortvarig exponering inom tiden som undersöks. Gränsvärdet för långvarig exponering uppnås dock efter 450 sekunder. Utrymning antas ske så pass snabbt att gränsvärdet för kortvarig exponering är den av intresse. Alltså uppnås endast kritiska förhållanden för utrymningsvägen närmast branden, och detta efter 300 sekunder.



Figur 54. Beräknad strålningsintensitet som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i facksal 1.

Sikt

Beräkningsgången för sikt beskrivs i bilaga F. Utgångspunkten för beräkningen är ljuddämpningen från simuleringsresultatet. Detta resulterar i en kritisk tid för sikt på 2 meters höjd efter 290 sekunder. Siktavståndet för ett upplyst objekt visas som funktion av tiden i figur 55 nedan.



Figur 55. Beräknad sikt som funktion av tid i FDS för modellering av brandförloppet i facksal 1.

Tabell 17 nedan visar sammanställningen av de kritiska tiderna för facksalen. Observera att kritisk höjd på brandgaslagret i sig inte räcker till för att kritiska förhållanden ska vara uppnådda, utan endast i kombination med bristande sikt (se kapitel 2). Därför kan konstateras att inga kritiska förhållanden uppnås först efter 290 sekunder, det vill säga $t_{\text{kritisk}}=290$ s. Det kan även anses märkligt att brandgaslagrets höjd blir kritiskt innan sikten. Anledningen till detta är att formeln för kritisk höjd på brandgaslagret är baserad på takhöjden (se kapitel 2) och då denna lokal har högt i tak hamnar även den kritiska höjden betydligt högre än var siktmätningen utförs, det vill säga 2 meter.

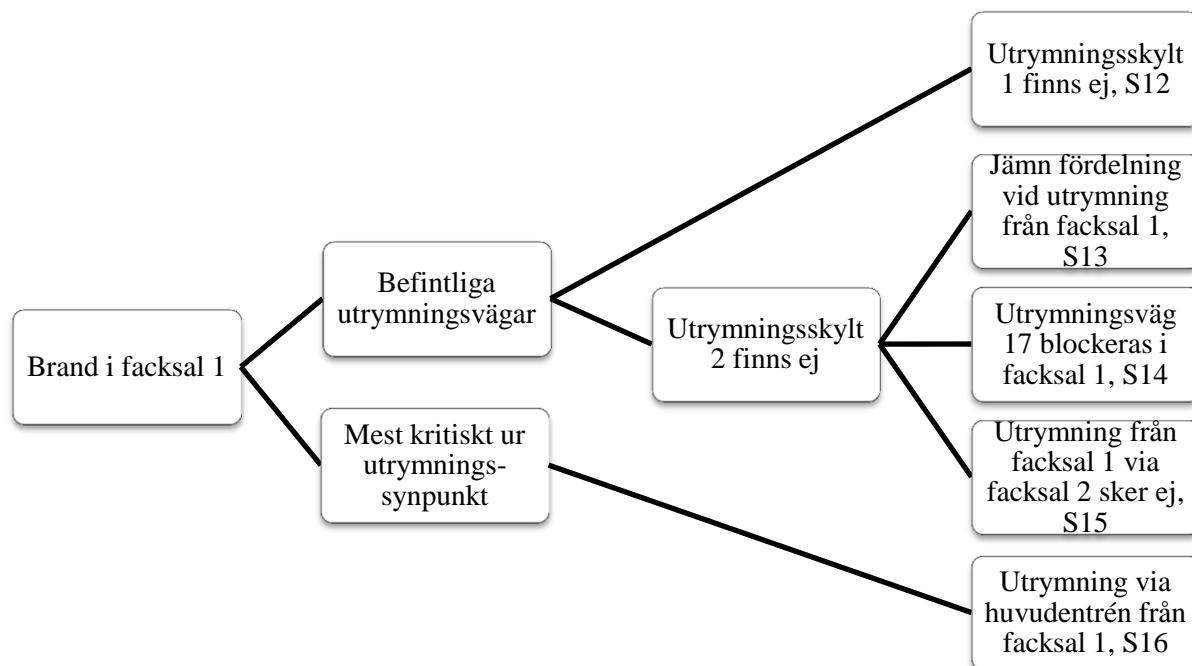
Tabell 17. Sammanställning av beräknad tid till kritiska förhållanden i facksal 1 för varierande parametrar.

Parameter	Tid till kritiskt förhållande [s]
Temperatur	300
Brandgaslager	180
Strålning	-
Sikt	290

8.4 Utrymningsmodell

För utrymningsmodellen används samma antaganden och förenklingar som beskrivs i avsnitt 6.4. Ett antal antaganden och förenklingar som är specifika för utrymningsscenariot i facksal 1 beskrivs nedan. En fullständig beskrivning för övriga indataparametrar som används vid simulering återges i bilaga I.

Utgångspunkt för val av utrymningsscenarier för brand i facksal 1 är motsvarande som vid val för de andra två dimensionerande scenarierna. Detta innebär att ett troligt kritisk scenario studeras samt de befintliga utrymningsvägarna. Variation i blockering av de olika utrymningsvägarna utförs för att analysera effekterna av detta. Vid bestämning av tänkbara utrymningsscenarier som kan inträffa i facksal 1 följs händelseträdet nedan.



Figur 56. Händelseträd som visar tankegången kring val av utrymningsscenarier för det dimensionerade brandscenariot i facksal 1.

De scenarier som beaktas vid simuleringar av utrymningsförloppet i facksal 1 beskrivs nedan.

Scenario:

- S12 Utrymningsskylt utplacerad i facksal 1 mot facksal 2 och utrymningsskylt utplacerad facksal 5 mot facksal 4 (se figur 8b) beaktas ej. Då den dimensionerade branden är utplacerad i facksal 1 antas inte de personer som befinner sig i facksal 2 antas utrymma vid utrymningsväg 11, se figur 8b. I övrigt antas samtliga utrymningsvägar är tillgängliga och vid val av utrymningsväg är fördelningen jämn för alla tillgängliga utrymningsvägar i varje lokal i hela byggnaden.
- S13 Utrymningsskylt utplacerad i facksal 2 mot facksal 1 och utrymningsskylt utplacerad facksal 4 mot facksal 5 (se figur 8b) beaktas ej. I övrigt samma som scenario S12.
- S14 Utrymningsväg 17 i facksal 1 (se figur 8b) antas vara blockerad. I övrigt samma som scenario S13.
- S15 Det antas att dörren in till facksal 2 från facksal 1 blockeras av brand och utrymning sker ej genom denna dörr. I övrigt samma som scenario S13.
- S16 Utrymning sker via huvudentrén från facksal 1. I övrigt samma som scenario S13.

8.5 Resultat utrymningssimulering

I detta kapitel redovisas resultat från de studerade scenariernas utrymningsförlopp som simuleras i programmet Simulex. De beräknade resultaten avser förflyttningstid och i vissa fall varseblivningstid. Till dessa tider kommer sedan tider för förberedelse att tilläggas. Vid simulering av utrymningsförlopp undersöks olika utrymningsscenarier beroende på vilken väg personerna väljer att utrymma genom. Tiderna för de olika scenarierna jämförs för att undersöka för vilka scenarier problem vid utrymning kan ske.

Vid simulering beaktas endast förflyttningstid för simuleringarna av utrymningsförloppen. Varseblivningstid och förberedelsetid tas då inte hänsyn till (se avsnitt 4.1 för beskrivning av begrepp). Förberedelsetiden för utrymmande personer kan antas skilja sig åt, dock antas det värsta troliga fallet för dessa scenarier vara att alla personer har ungefär samma förberedelsetid. Detta ger upphov till mer köbildning då alla rör sig mot utrymningsvägar samtidigt, således simuleras värsta troliga fall för scenarierna. Denna tid adderas därför i efterhand till samtliga utrymningsscenarier.

Varseblivningstiden för brandscenariot i facksal 1 anges till detektionstiden som simulerats i FDS, se avsnitt 4.1. Denna tid beräknas till 42 sekunder. Utifrån rekommendationer anges förberedelsetiden till 1 minut (BFS, 2012). Då rekommendationerna är lika oavsett då personer ser branden eller inte anges förberedelsetiden till 1 minut för alla utrymmande personer för det dimensionerande scenariot i facksal 1. Vidare anges den totala tiden innan utrymning inleds till 102 sekunder för det dimensionerande brandscenariot i facksal 1, det vill säga summan av tiden till detektion och den förberedande tiden på 1 minut.

De förflyttningstider som framtagits beskriver tiden det tar för alla personer att utrymma från den lokal som den dimensionerande branden är utplacerad i. Detta då kritiska förhållanden endast beaktats för dessa lokaler. Således kan personer fortfarande befinna sig i bygganden då förflyttningstid beaktas.

Resultat för de simulerade utrymningsförloppen i facksal 1 redovisas i tabell 18 nedan.

Tabell 18. Sammanställning av beräknad utrymningstid för utrymning ut ur facksal 1.

Scenario	S12	S13	S14	S15	S16
Förflyttningstid [s]	49	29	52	51	51
Total tid för utrymning [s]	151	131	154	153	153

Utifrån resultatet för beräknade utrymningstider för facksal 1 fås att tider för scenarierna skiljer sig ytterst lite. I alla fall utom ett beräknas tiden inom intervallet 151-154 sekunder. Scenario S12 var det scenario där utrymningen gick snabbast, detta beror på att personerna i lokalen har två utrymningsvägar som de kan utrymma genom.

8.6 Jämförelse resultat

Enligt krav för säker utrymning definierade i avsnitt 4.1 skall utrymmande personer vara i säkerhet innan kritiska förhållanden i lokalen de befinner sig i uppstår, det vill säga $t_{\text{tillgänglig}} > t_{\text{utrymning}}$. Detta uttryck skrivs om så att $t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}} > 0$. I tabell 19 nedan jämförs tid för utrymning för varje utrymningsscenario med tid till att kritiska förhållanden uppstår i denna lokal

Tabell 19. Sammanställande resultat för beräknad utrymningstid och tid till kritiska förhållanden för det dimensionerande brandscenariot i facksal 1.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Tid till kritiska förhållanden [s]	Total utrymningstid [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}}$ [s]
S12 (utrymning ur facksal1)	290	151	139
S13 (utrymning ur facksal1)		131	159
S14 (utrymning ur facksal1)		154	136
S15 (utrymning ur facksal1)		153	137
S16 (utrymning ur facksal1)		153	137

Ur tabell 19 utläses att positiv differens uppstår för samtliga utrymningsscenarioer. Detta visar att säker utrymning uppfylls.

8.7 Känslighetsanalys

Nedan undersöks robustheten för variabler som kan tänkas påverka tidsmarginalen för scenariot brand i facksal 1 och som anses osäkra. Variablerna gånghastighet, personantal och val av utrymningsväg analyseras kvantitativt medan variablerna effektutveckling och öppningsförhållanden analyseras kvalitativt.

Gånghastighet

Undersökning av gånghastighetens påverkan på utrymningstiderna görs genom att jämföra resultatet av beräknade tider då hastigheten är 1,2 m/s med en lägre hastighet, 1 m/s. Resultatet visas i tabell 20 nedan.

Tabell 20. Beräknad utrymningstid där gånghastigheten varieras för brandscenariot i facksal 1.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Utrymningstid för gånghastighet 1,2 m/s [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}}$	Utrymningstid för gånghastighet 1m/s [s]	$t_{\text{tillgänglig}} - t_{\text{utrymning}}$
S12 (utrymning ur facksal1)	151	139	173	117
S13 (utrymning ur facksal1)	131	159	138	152
S14 (utrymning ur facksal1)	154	136	164	126
S15 (utrymning ur facksal1)	153	137	173	117
S16 (utrymning ur facksal1)	153	137	174	116

Även då gånghastigheten minskas till 1 m/s hinner personerna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, se tabell 20 ovan. Tidsmarginalen blir dock mycket lägre för scenario 12, 15 och 16. Tidsmarginalerna för scenarierna 12-16 blir 7-22 sekunder kortare med en gånghastighet på 1 m/s.

Personantal

Vid simulering av utrymningen används högsta tillåtna antalet personer för samtliga lokaler. Eftersom det hösta tillåtna antalet för facksal 1 och 2 är angivet gemensamt görs en känslighetsanalys på då personantalet ökar i facksal 1. Den beräknade utrymningstiden då personantalet varieras visas i tabell 21 nedan.

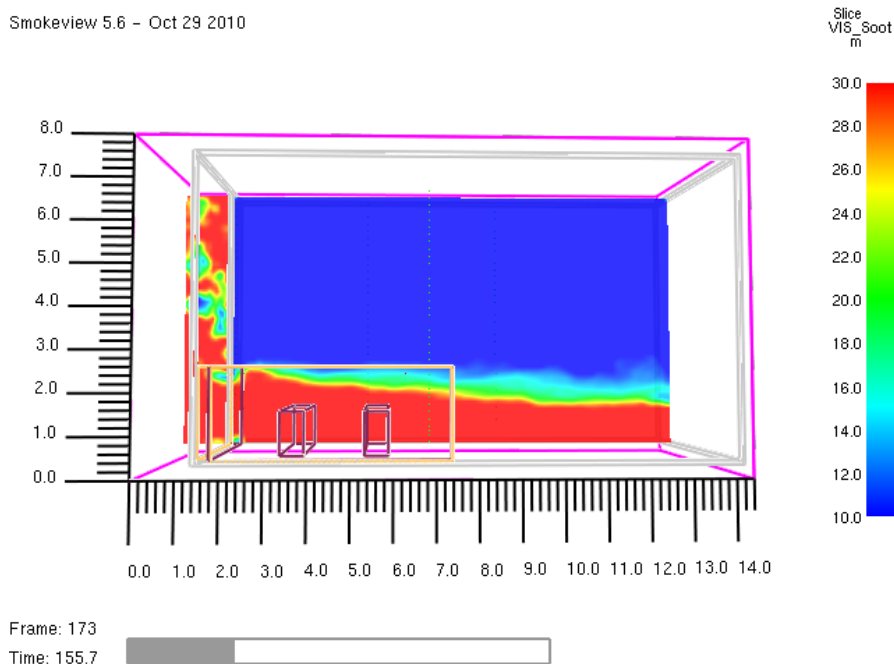
Tabell 21. Beräknad utrymningstid där antalet utrymmande personer varieras för brandscenariot i facksal 1.

Utrymningsscenario (utrymningsscenario)	Utrymningstid för gånghastighet 1,2 m/s för 40 personer[s]	$t_{\text{tillgänglig}} -$ $t_{\text{utrymning}}$	Utrymningstid för gånghastighet 1,2 m/s för 50 personer [s]	$t_{\text{tillgänglig}} -$ $t_{\text{utrymning}}$
S12 (utrymning ur facksal1)	151	139	167	123
S13 (utrymning ur facksal1)	131	159	137	153
S14 (utrymning ur facksal1)	154	136	164	126
S15 (utrymning ur facksal1)	153	137	163	127
S16 (utrymning ur facksal1)	153	137	166	124

Då personantalet ökar från 40 till 50 personer minskar tidsmarginalen med 6-16 sekunder. Personerna i facksalen hinner fortfarande utrymma innan kritiska förhållanden uppstår.

Effektutveckling

Den dimensionerande effektutveckling som används i FDS grundas i försök som anses väl representativa för de objekt som antas brinna i sagorummet. I facksalen har bränslet (bokhyllor och bord) ungefär samma tillväxthastighet och hur branden sprider sig har då inte en så stor påverkan på effektutvecklingen. Förändrad simulering har dock utförts där effektutvecklingen ändrades till vad som rekommenderas enligt BBRAD för en lokal i denna verksamhetsklass, $\dot{Q} = 0,047 \cdot t^2$ (Boverket, 2011). Resultat från denna simulering visar att tiden till kritiska förhållanden förkortades, vilket är rimligt med tanke på den förhöjda tillväxthastigheten. Med den nya tillväxthastigheten uppnåddes skadekriteriet för sikt efter 155 sekunder, se figur 57 nedan, och för brandgaslagret efter 140 sekunder. Med utgångspunkt i jämförelse med resultatet från tidigare simulering där kritiska förhållanden uppnåddes efter 290 sekunder anses en skillnad på 135 sekunder vara anmärkningsvärd. Dock bedöms den framtagna effektutvecklingskurvan enligt avsnitt 8.1 vara mer representativ varför resultatet anses korrekt. Dessutom sker utrymning av lokalen så pass snabbt att positiv tidsmarginal fortfarande uppnås.



Figur 57. Slicefile för sikt då brandgaslagret understiger 2 meter för simulering med ändrad effektutvecklingskurva.

Val av utrymningsväg

För facksalen är den största skillnaden 23 sekunder mellan de totala utrymningstiderna, se tabell 21 ovan, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt. För samtliga scenarier hinner personerna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Således medför val av utrymningsväg inte någon utmärkande osäkerhet.

Öppningsförhållanden

Vid simulering av scenariot brand i facksal 1 är en dörr öppen. I ett verkligt scenario hade denna dörr varit stängd, men utrymmande personer öppnar dörren för att ta sig ut. Därför är antagandet om att den står öppen inte helt felaktigt. Däremot hade det i ett verkligt scenario antagligen flödat mindre brandgaser ut till entréhallen. Detta hade resulterat i att kritiska förhållanden uppnås tidigare.

Takhöjden i facksalen är väldigt hög jämfört med sagorummet. Därför kommer öppningen som är belägen fem meter från taket inte ha ett flöde av brandgaser förrän senare i brandförloppet. I och med detta har öppningsförhållandena i simuleringen av facksalen en liten inverkan på tiden till kritiska förhållanden.

En osäkerhet som finns i facksalen är antagandet att fönstren inte går sönder i simuleringen. Om fönstren hade gått sönder hade detta resulterat i helt andra ventilationsförhållanden vilka hade påverkat tiden till kritiska förhållanden positivt. Branden hade däremot haft en högre effekt (ingen syrebrist uppstår) och med stor sannolikhet större egendomsskador som följd. Simuleringen når en maxeffekt på cirka 4,5 MW vid tiden 10 minuter, därefter blir branden syrekontrollerad.

8.8 Åtgärdsförslag

Nedan presenteras ett antal åtgärdsförslag till följd av resultat för beräkningar som gjorts för scenariot i facksal 1. Flertalet av dessa åtgärder observerades som brister i befintligt brandskydd enligt avsnitt 3.2.4.

Kontroll av svällisterna mellan facksal och bokhall 301 måste även kontrolleras så att de finns monterade. Denna rekommendation görs utifrån uppmärksammade brister under platsbesöket.

Placering av skyltarna för utrymning inom facksalarna rekommenderas att personal ser över. Detta på grund av att de under platsbesöket och vid senare analys ansetts vara något missvisande. De skyltar som sitter placerade för att visa vägen till andra ändarna av lokalen (se figur 14 i avsnitt 3.2.4) riskerar att leda folk från facksalarna till bokhall 301, där folk är tänkta att utrymma i andra riktningen. Detta skulle innebära problem då kollision av folkmassorna innebär ett hinder och därmed fördröjd utrymning. Istället föreslås att dessa skyltar flyttas till längre in i lokalen bort från passage till bokhallen.

Möjlighet att bredda utrymningsvägarna via de inre facksalarna (se utrymningsväg 12 och 13 i figur 8b) bör även undersökas. Dessa är i dagsläget smalare än vad som rekommenderas i BBR, varför problem kan uppstå vid passage av dessa. Detta motiveras främst med att möjligheten att förflytta sig till säker brandcell för rullstolsburna människor måste säkerställas. I eventuellt fall där en rullstolsburen människa vistas exempelvis i facksal 1 när brand uppstår i denna brandcell finns ingen möjlighet att utrymma via de inre facksalarna. Passage till bokhall 301 är i första hand avsedd för utrymning från bokhallen. I olyckliga fall kan även branden uppstå på så sätt att denna utrymningsväg blir blockerad.

Åtgärdsförslagen består för facksalen alltså av tre punkter. Rekommendationerna delas upp i två grupper, de som *ska* vidtas för att personsäkerheten ska kunna säkerställas och de som *bör* vidtas för ytterligare förbättra den befintliga situationen.

Åtgärder som *ska* genomföras:

- Kontrollera svällister

Åtgärder som *bör* genomföras:

- Se över placering av utrymningsskyltar i facksal 2 och 4
- Utred möjligheten till breddade utrymningsvägar via de inre facksalarna

8.9 Verifiering av åtgärder

Då problematik föreligger kring kvantitativ verifiering av åtgärdsförslag för detta scenario verifieras förslagen kvalitativt nedan.

För rullstolsburna är det viktigt att kunna förflytta sig till en säker brandcell vid brand. Detta då hissarna inte får/kan användas och passage av trapporna inte är möjlig. Skulle dörrarna in till de inre facksalarna breddas möjliggörs utrymning från brandcellen härigenom även för användare av de bredare rullstolsmodellerna.

Vid utrymning är det viktigt att folk går dit de är tänkta att gå. Om inte detta är fallet kan större belastning än nödvändigt på en specifik utrymningsväg innebära köer vilket i sin tur kan leda till att folk inte hinner utrymma i tid. I facksalen skulle misstolkning av de skyltar som sitter mot öppningen

till bokhallen kunna innebära förvirring. Kan skyltarna flyttas på så sätt att det blir tydligare vart folk ska gå kommer förflyttningstiden att förkortas och effektivare utrymning ske.

8.10 Kommentarer

Utifrån resultat för beräknad utrymningstid och tid till kritiska förhållanden kan det konstateras att utrymning kan ske på ett tillfredsställande sätt från facksal 1. Detta kan ses tydligt för de positiva tidsmarginalerna för samtliga scenarier.

Då personantalet för denna del av byggnaden är lågt i förhållande till lokalens storlek var det väntat att säkerheten uppfylls. Dock används denna lokal som utrymningsväg för besökare i bokhallen, vilket måste tas i beaktande. Ett tänkbart scenario är att personer från bokhallen tvingas vända då de upptäcker att brand uppstått i facksalen. Detta har varit svårt att analysera kvantitativt men bör finnas i åtanke.

9. Diskussion

Nedan följer en diskussion kring metod, brandmodellering och utrymningsmodellering. Styrkor och svagheter diskuteras, antaganden kommenteras och rekommendationer till fortsatt analys lyfts fram.

9.1 Metod

Tidigt under analysen utförs en detaljerad genomgång av varje lokal i byggnaden med utgångspunkt i material från platsbesök och ritningar, vilken sedan resulterar i en riskmatris. Detta utgör riskidentifieringen i arbetet. Tack vare denna genomgång kan de intressanta lokalerna enkelt sorteras ut, medan de mindre representativa delarna bortses från. Detaljeringsgraden i denna del har varit till stor nytta i efterföljande delar, då en tydlig bild av objektet tidigt målas upp. Detta ger en god lokalkännedom och möjlighet att på ett bra sätt sätta sig in i problematiken för just denna byggnad. Att steg för steg gå igenom varje byggnadsdel gör även att alla tänkbara scenarier täcks in i analysen, och risken att missa någon lokal blir betydligt mindre.

Under arbetets gång har emellanåt fokus legat lite väl mycket på detaljerade beräkningsgångar. Exempelvis har mycket tid lagts på beräkningar för sagorummet, så som framtagning av effektutvecklingskurva och brandmodellering. Detta kan ses som överflödigt, eftersom det på ett enklare sätt hade gått att konstatera att risk föreligger i lokalen. Det hade i princip räckt att enbart analysera effektutvecklingskurvan för draperierna, då det är dessa som orsakar det kraftiga brandförloppet under den intressanta tiden. Detta syns tydligt i figur 29 avsnitt 6.1, där bänkarnas bidrag till den totala effektutvecklingen är så gott som försumbar under de första fem minuterna.

Det har ibland upplevts svårt att avgöra hur pass detaljerat arbetet bör vara. Analysen påbörjades mycket noggrant med utförlig genomgång av de olika lokalerna, varefter en detaljerad framtagning av effektutvecklingskurvor följde. Med detta som utgångspunkt kändes det sedan naturligt att följa samma arbetssätt, och genomföra efterföljande moment med samma detaljeringsgrad. Istället borde frågan tidigt ställts: *"Vilket resultat önskas av analysen?"* och på så sätt skulle vissa överflödiga moment kunnat undvikas redan från början.

Genom arbetet har antaganden alltid utförts på ett konservativt sätt. På detta sätt erhålls ett värsta troliga scenario, vilket är vad som är önskvärt för en deterministisk riskanalys. Svårigheter har i vissa fall uppstått med att bedöma rimlighet i vissa antaganden, främst då effektutvecklingskurvorna tagits fram. Stöd har då sökts i rekommendationer för analytisk dimensionering samt försök utförda på liknande föremål, varför rimlighet antas ha uppnåtts.

9.2 Brandmodellering

Cellstorleken är en viktig parameter för att uppnå ett verklighetstroget resultat i FDS, se avsnitt 4.2. Cellstorleken i sagorummet är den som anses mest lämplig. Detta motiveras med hjälp av den hastiga effektutvecklingen, då lägre effekter kräver mindre cellstorlekar, se avsnitt 4.2. För övriga simuleringar anses cellstorleken vara en mer kritisk punkt. Detta då det tar längre tid för effekten att uppnå ett värde som gör att cellstorleken är godtagbar. Den stora volym som bokhallen utgör gjorde att större cellstorlekar var tvungna att användas för att simuleringstiden inte skulle bli allt för lång. Bokhallen är den som skiljer sig mest från rekommenderade cellstorlekar. I analysen har cellstorleken dubblats vid jämförelse med rekommendationer, se avsnitt 4.2. Detta för att ens göra det möjligt att utföra simulering med den utrustning som funnits tillgänglig. Halverad cellstorlek medför åtta gånger så lång simuleringstid, vilket resulterar i att simuleringen inte varit genomförbar. Hade mer tid funnits tillgänglig skulle nodkonvergens kontrollerats vidare.

Geometrin för sagorummet och bokhallen har inneburit vissa problem i simuleringarna. Detta på grund av att FDS inte kan simulera de runda former som lokalernas geometri delvis utgör. Flödena i utrymmena är något som kan påverkas av detta, där brandgasflödena är vad som torde ha högst konsekvens för resultaten. I båda utrymmena kommer dock brandgaserna lätt kunna stiga längs med väggarna oavsett ifall de utgör en cirkelbåge eller är uppbyggda av flera vinklar, och av denna anledning antas resultatet inte påverkas märkvärt. Modellering av flammorna påverkas även av väggens uppbyggnad, eftersom både draperier och bokhyllor antänds längs med väggen. Detta kan

påverka inblandningen av luft i flammen och plymen, men av anledningen att flammorna delats upp i flera mindre bitar antas även detta vara någorlunda representativt. Strålningen från flammorna kan dock vara osäker, men dessa resultat jämförs med konservativt utförda handberäkningar i analysen för att säkerställa att detta inte är någon parameter som kan innebära problem.

Effektutvecklingskurvorna är även något som kan tänkas påverka resultaten. För facksalen är kontroll utförd för att undersöka vilken effekt det skulle få på resultatet. Eftersom det visade sig att detta hade mindre betydelse (se avsnitt 8.7) kan det konstateras att robustheten för denna del av analysen är god. Det skulle även vara önskvärt att utföra liknande kontroll av bokhallen. För sagorummet anses den betydande delen av effektutvecklingen, det vill säga den första halvminuten, vara så pass väl grundad i försöken med draperierna att denna kontroll skulle vara mindre befogad. Vad som dock kan konstateras är att effektutvecklingskurvan som framtagits för detta scenario är onödigt detaljerad.

9.3 Utrymningsmodellering

På samma sätt som vid brandmodellering har de beräkningar som utförts för utrymning varit detaljerade och utförliga. Vid beräkningarna har alla publika delar tagit hänsyn till och mycket tid har lagts på att försöka representera lokaler och inredning som finns i biblioteket. Vidare leder detta att de beräknade förflyttningstider som framtagits anses representativa för verkliga utrymningsscenarier i biblioteket.

En förenkling som gjorts vid utrymningsberäkningar är att olika persontyper inte har definierats, utan ett medelvärde för gånghastighet och storlek på personer har angetts vid beräkningarna. Vid tillgång till mer tid hade resultatet för beräknad utrymningstid kunnat förbättras på så sätt att simuleringar gjorts där grupper av olika persontyper hade definierats.

Vid beaktande av tid innan utrymning inleds bedöms förberedelsetid och varseblivningstid. Enligt teori beror tid innan utrymning på en rad olika faktorer, uppskattningar och bedömningar, se avsnitt 4.1. Det har varit svårt att bedöma dessa tider bland annat på grund av att det har ansetts orimligt att följa rekommendationer i vissa fall, se avsnitt 6.5. Vidare har det inte heller ansetts lämpligt att göra avsteg från rekommendationer då annan information kring dessa tider saknats. Vid fortsatt analys skulle information kring förberedelsetid samt varseblivningstid mer lämplig för de olika scenarierna sökts. Detta för att denna del anses utgöra en svaghet i analysen.

9.4 Resultat

Att utrymning bedöms kunna ske tillfredställande från bokhall 301 är ett förväntat resultat. Detta då volymen för bokhallen är så pass stor att det är svårt att uppnå kritiska förhållanden. Det kan även konstateras att resultatens giltighet bygger på att utrymning sker som det är tänkt, det vill säga att uppsatta utrymningsskyltar är tydliga och enkla att följa samt att personal kan agera vid ett brandtillbud.

I sagorummet uppnås kritiska förhållanden innan räddningstjänsten hinner dit. Räddningstjänstens insats spelar då ingen roll i livräddande syfte. För bokhallen och facksalen hinner personerna utrymma innan räddningstjänsten anländer till biblioteket och har inte heller här någon avgörande roll i ett livräddande syfte. Resultatet har i analysen framtagits utan någon egentlig hänsyn till räddningstjänstens insats. Noggrannare analys av funktionshinder utrymningsmöjligheter skulle varit önskvärd, och då hade räddningstjänstens arbete behövts tas med i åtanke.

Som en konsekvens av alla konservativa antaganden finns svårigheter att kvantifiera hur konservativt resultatet är, och det finns risk för att resultaten är överdrivet konservativa. Detta följer naturligt som en nackdel av den valda riskanalysmetoden. För scenarierna brand i bokhall 301 och facksal 1 anses det inte vara något problem ifall resultaten är för konservativa, eftersom säker utrymning ändå kan ske. Dock kan det vara ett problem för brand i sagorummet då det i denna lokal uppstår kritiska förhållanden för de utrymmande. Dock har konservativa antaganden så som brandspridning mellan föremål mindre betydelse eftersom det tidigare stadiet av branden ändå endast är beroende av effektutvecklingen för draperiet. Av denna anledning anses de antaganden som eventuellt är för konservativa ändå inte påverka slutsatsen att sagorummet inte uppfyller den säkerhet som är önskvärd.

10. Slutsats

Sammanfattningsvis anses säkerheten på biblioteket vara god. Det finns gott om utrymningsvägar för den aktuella personbelastning, vilken i vanliga fall är relativt låg. Det kan dock konstateras att det fastslagna skyddsmålet inte uppfylls för det dimensionerande brandscenariot i sagorummet. Säkerheten bedöms bristfällig trots de osäkerheter som föreligger resultatet. Det huvudsakliga problemet anses vara draperiernas hastiga brandförlopp och den skogräns som i dagsläget finns utanför lokalen.

Rekommendationer på förbättrande åtgärder som *ska* och *bör* vidtas för att öka personsäkerheten och uppfylla de skyddsmål som fastslagits i rapporten är följande.

Åtgärder som *ska* genomföras:

- Tillåt inte användning av levande ljus i biblioteket, främst gällande sagorummet
- Byt ut draperierna i sagorummet till annat alternativ eller till draperier av material med bättre flamskydd
- Kontroll av svällisterna mellan bokhall 301 och facksal 2-4 samt andra ställen där dessa är bristfälliga

Åtgärder som *bör* genomföras:

- Ta bort skogränsen i sagorummet
- Kontrollera funktionen av den övermålade detektorn i sagorummet
- Undersök brandegenskaperna hos heltäckningsmattan i sagorummet
- Säkerställ att personalen i hela barnavdelningen är väl bekanta med brandskyddet
- Ta bort missledande skyltar för inre utrymningsväg i sagorummet
- Kontroll av brandgasventilationens funktion i bokhallen
- Byt ut efterlysande skyltar mot enhetliga genomlysta skyltar
- Förändring av ogästvänliga utrymningsvägar
- Se över placering av utrymningsskyltar, främst i facksal 2 och 4
- Utred möjligheten till breddade utrymningsvägar via de inre facksalarna
- Installera automatisk dörröppnare i huvudentrén
- Tydligare instruktioner gällande brandskydd för vikarier och korttidsanställda

Litteraturförteckning

- Bengtson, S., Frantzych, H., Jönsson, R., & Marberg, P. (2012). *Brandskyddshandboken: en handbok för projektering av brandskydd i byggnaden*. Lund: Lunds Universitet.
- Bengtsson, L.-G. (2001). *Inomhusbrand*. Hämtat från <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/17521.pdf> den 24 03 2014
- BFS. (2012). *Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnadens brandskydd*. Sverige: Boverket.
- Boverket. (2011). *Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd*. Karlskrona: Boverket.
- Bwalya, A., Zalok, E., & Hadjisophocleous, G. (2007). *Design Fire for Commerical Premises - Results of Phase 2*. National Reseach Council Canada.
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Fagergren, T. (2004). *Brandgasspridning*. Stockholm: Brandskyddslaget AB.
- Frantzych, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand: [FoU rapport]*. Karlstad: Räddningsverket.
- Frantzych, H., & Nystedt, F. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar, Rapport 3160*. Lund: Brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, B. (2013). *Vägledning för CFD-modellering*.
- Gissi, E. (2010). *An introduction to Fire Simulation with FDS and Smokeview*. Genova: Governmental fire safety national organisation.
- Göransson, U., & Wetterlund, I. (1988). *A full scale fire test method for free-hanging curtain and drapery textiles*. SP.
- IES. (2009). *Simulex User Guide*. Intergrated Enviromental solutions limited.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Lindberg, L. (den 31 01 2014). Lokalintendent. (E. Andersson, Intervjuare)
- McGuire, J. H. (1952). *The Calculation of Heat Transfer by Radiation*. Borehamwood: Fire Research Station.
- MSB. (2013). *Anlagd brand*. Hämtat från https://www.msb.se/Upload/Forebyggande/Skolmaterial/Har_du_koll/Anlagd_brand/anlagd_brand_fakta.pdf den 10 02 2014
- Nilsson, D. (2009). *Exit choice in fire emergencies - Influencing choice of exit with flashing lights*. Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety.
- NIST. (2007). *Fire dynamics simulator (version 5) user's guide*. Hämtat från http://www.engr.utk.edu/nuclear/Ruggles/NRC_Fire_Course/NRC-Mod-05-Computer%20Fire%20Modeling%20using%20Field%20Models/Documentation/NIST-FDS-UsersGuide-5.5.pdf den 10 04 2014
- Olsson, N. (1999). *Brandgasspridning via ventilationssystem*. Brandteknik. Lund: Lunds tekniska högskola.
- Paté-Cornell, M. E. (1996). *Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment*. Standford CA, USA: Elsevier science limited.

- Rein, G., Empis, C. A., & Carvel, R. (2007). *The Dalmarnock Fire Tests: Experiment and Modelling*. Edinburgh: School of Engineering and Electronics, University of Edinburgh.
- Sedin, G. (2007). *Stockholms stadsbibliotek, Kv Spelbomskan 16, Hus 1, Ombyggnad för brand och säkerhet, Brandskyddsåtgärder*. Stockholm: Stockholms stad gatu- och fastighetskontoret.
- SFPE. (2002). *Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- SFPE. (2013). *Vägledning för CFD-modellering*. Hämtat från <http://www.sfbiv.se/attachments/article/10115/BIV%202013-2%20-%20V%C3%A4gledning%20CFD%20-%20Prelimin%C3%A4r%20handling.pdf> den 10 04 2014
- Sime, J. D. (1985). Movement toward the familiar person and place affiliation in a fire entrapment setting. i *Environment and Behavior* (ss. 701-702). Sage Publications, Inc.
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*. Lund: Department of Fire Safety Engineering, LTH.

Bilaga A. Ventilationssystem

Vid händelse av brand sker en tryckökning i brandrummet då luften i brandrummet värms upp. Tryckökningen leder till att brandgaser trycks ut ur rummet genom bland annat fönster, dörrar och väggar. Brandgaser trycks även in i ventilationssystemet varvid ventilationen en viktig del då spridning av brandgaser beaktas. Brandgasspridning kan ske inom betjänad brandcell men även mellan brandceller. Då spridning genom ventilationssystemet sker inom en brandcell finns inga restriktioner gällande vilken mängd brandgaser som får spridas. För att förhindra brandgasspridning mellan brandceller kan varje brandcell betjänas av ett system eller brandgasspjäll installeras. Vanligen verifieras dessa system inte med beräkningar. Andra system så som fläkt i drift, rökavluftning och tryckavlastning kräver dimensioneringsmetoder baserade på brandförlopp, lokalens geometri och utformning av ventilationssystemet (Olsson, 1999).

Det anses att skydd mot brandgasspridning mellan brandcellsgränser uppnås då installationer, upphängningar, ventilationskanaler och genomföringar utformas så att de klarar av att upprätthålla brandcellsgränsen under avsedd tid. Dessa installationer bör utformas så att det är oberoende av i vilken brandcell som branden startar i. Om ventilationssystemet inte betjänar endast en brandcell bör de förses med spjäll som har motsvarande avskiljande förmåga som aktuell brandcellsgräns. Ytskiktet för ventilationskanaler bör väjas så att det motsvarar det aktuella ytskiktet i byggnadsdelen det betjänar (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012).

För att uppfylla de avskiljande krav som ställs enligt BBR på ventilationssystemet används oftast isolering med kompletterade spjäll eller separata ventilationssystem för varje brandcell. Då ventilationssystemet betjänar endast en brandcell behövs inga speciella åtgärder för ventilationssystemet då det inte bryter någon brandcellsgräns (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012). Då ventilationssystemet verifieras med analytisk dimensionering är ofta system med fläktar i drift en lösning, samt olika alternativ med trycksättning (Bengtson, Frantzich, Jönsson, & Marberg, 2012).

För att förhindra brandgasspridning mellan brandceller och försäkra sig om att brandskyddsåtgärder gällande ventilationssystemet fungerar vid händelse av brand är det viktigt att utföra kontroller. Moment som innefattas vid kontroll gällande brandgasspjäll:

- Att det finns rimligt antal spjäll för antal brandceller bör kontrolleras. Exempelvis en brandcell som har en tilluftskanal och en frånluftskanal bör ha 2 brandgasspjäll.
- Stickprovkontroller bör utföras gällande spjällets ålder och skick så att de fungerar vid händelse av brand.
- Att isoleringen för ventilationstrumman är rätt placerad bör kontrolleras. Detta där risk finns att värmeöverföring sker till ventilationstrumman på andra sidan brandgasspjället för den aktuella brandcellen.
- Där ventilationstrumman passerar en brandcellsgräns är det viktigt att kontrollera att genomföringen är tät och isolerad för att förhindra värmeöverföring.

Moment som innefattas vid kontroll gällande fläkt i drift:

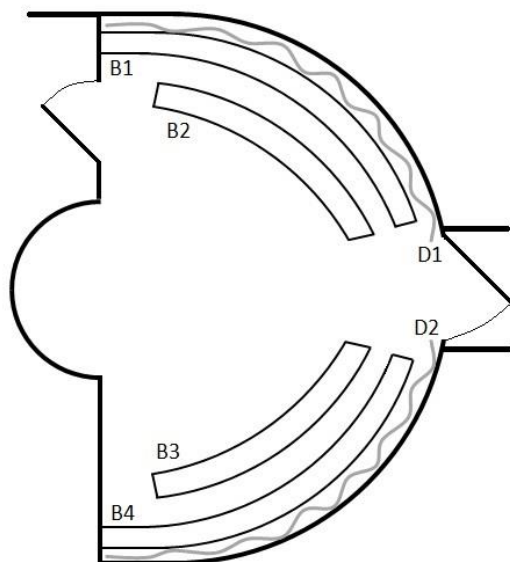
- Det finns ofta ett filter i fläkten som är känslig för sotpartiklar och om de fastnar fungerar inte fläkten längre. Det skall kontrolleras att förbigångar finns förbi filter och värmväxlare. Detta är viktigt då det finns risk att brandgaser sprids hastigt ifall flödet stryps och detta inte finns.
- Fläkten skall kunna fungera i aktuell tid. Med detta menas att fläkten skall fungera lika länge som brandcellsgränsen skall hållas.
- Då ventilationssystemet betjänas av ett fläktrum skall brandspjäll finnas. Detta då brandspridning inte kan motverkas vid brand i fläktrum då spjäll saknas.
- Temperaturen som fläkten tål skall kontrolleras. Detta då den skall tåla de varma brandgaser som transporteras.
- En rimlighetskontroll utifrån möjlig brandbelastning bör utföras. En högre kapacitet krävs vid hög brandbelastning och vid denna kontroll bör kanalstorlekar och injusteringspjäll beaktas.

De fläktar som är i kontinuerlig drift vid händelse av brand betjänar WC-grupper på olika plan och för att förhindra brandgasspridning mellan brandceller bör kontroller enligt ovan utföras. En eventuell spridning av brandgaser för detta system antas få relativt liten betydelse då systemet avser spridning till andra WC-grupper. Ventilationssystemen som betjänar publika plan i biblioteket (inte alla WC-grupper) är system som utgörs av spjäll eller separata system. För dessa system läggs vikt vid att utföra kontroller av spjäll så att brandgasspridning förhindras.

Bilaga B. Framtagning av effektutvecklingskurva, sagorummet

Branden uppstår i draperi nummer ett, se D1 i figur B1 nedan. Då D1 är närmre placerad de två utrymningsvägarna och på så sätt mer kritisk ur utrymnings synpunkt. Bitar av tyget antas falla ner på bänken som är placerad intill väggen (B1) varefter dynan på denna antänds. Branden i draperiet kommer sedan sprida sig horisontellt och tillslut antända draperi nummer två genom flampåverkan. Antändning av bänk nummer fyra kommer ske på samma sätt som för bänk ett, och slutligen antänds även bänk två och tre genom strålning från branden. Brand i bokhyllan kommer inte behandlas. Detta då den står så pass långt placerad från ursprungsbranden att spridning till denna kommer ske väldigt sent. Dessutom har bokhyllan ett långsamt brandförlopp och vid tidpunkten då denna eventuellt skulle påverka branden har troligen räddningstjänsten redan hunnit komma till platsen och besökarna har utrymt. Brand i heltäckningsmattan kommer inte heller behandlas kvantitativt, utan endast användas som motivering till att höja vissa effekter något. Detta då den troligen är flamskyddad och inte antas påverka brandförloppet märkvärdigt inom den intressanta tidsrymden förutsatt att inte övertändning sker.

Draperierna sträcker sig längs hela de runda väggarna från golv till tak, se figur B1 nedan. Avbrott i den horisontella utsträckningen sker vid dörren.

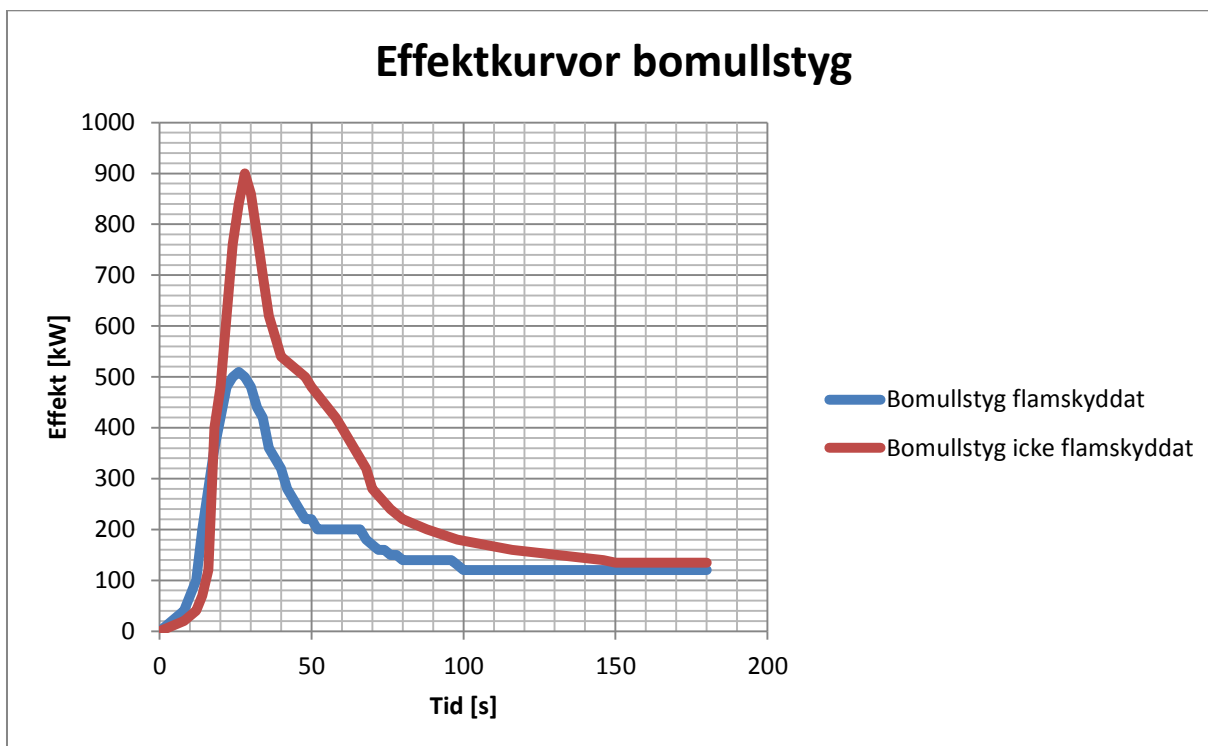


Figur B1. Skiss över interiören i sagorummet.

Brand i gardiner eller draperier kan vara ytterst kritisk. Vissa typer av textilier kan utveckla ett mycket snabbt brandförlopp och i mindre utrymnen leda till övertändning (Göransson & Wetterlund, 1988). Effektutvecklingen kan dock variera beroende på textilens egenskaper så som hur tätt tyget är vävt samt hur tråden är spunnen. Detta innebär att olika typer av exempelvis bomullstygn kan bete sig olika vid antändning. Ifall tyget är flamskyddat påverkar också såklart brandförloppet.

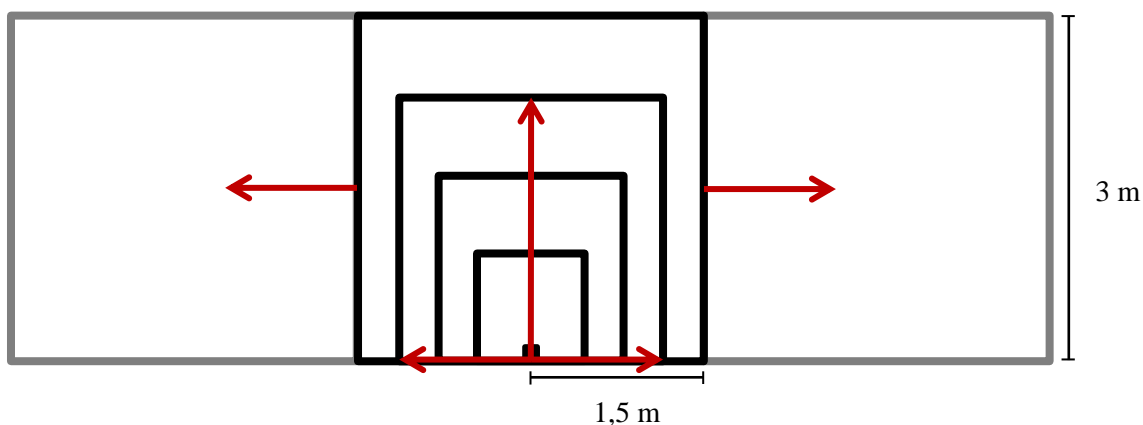
I sagorummet är det något osäkert kring vilket tyg som använts till draperierna. Utifrån platsbesök bedöms det dock vara fråga om bomullstygn. Huruvida det är flamskyddat eller inte är mer osäkert. Därför utförs beräkningar på båda fallen för att se vilken effekt det skulle komma att ha på brandförloppet och tiden till kritiska förhållanden. Försök utförda av SP kommer användas för att definiera förloppet. Här granskas test nummer 20L (icke flamskyddat bomullstygn, tätt vävt) och test nummer 11R (flamskyddat bomullstygn, tätt vävt). Försöken är utförda på 3 x 3 meter stora tygstycken. En antändningskälla på 100 kW (motsvarande en papperskorg) är inkluderad.

De två effektkurvorna som tagits fram från försöken visas i figur B2 nedan (Göransson & Wetterlund, 1988).



Figur B2. Grafen illustrerar effektkurvorna för flamskyddat respektive vanligt bomullstyng.

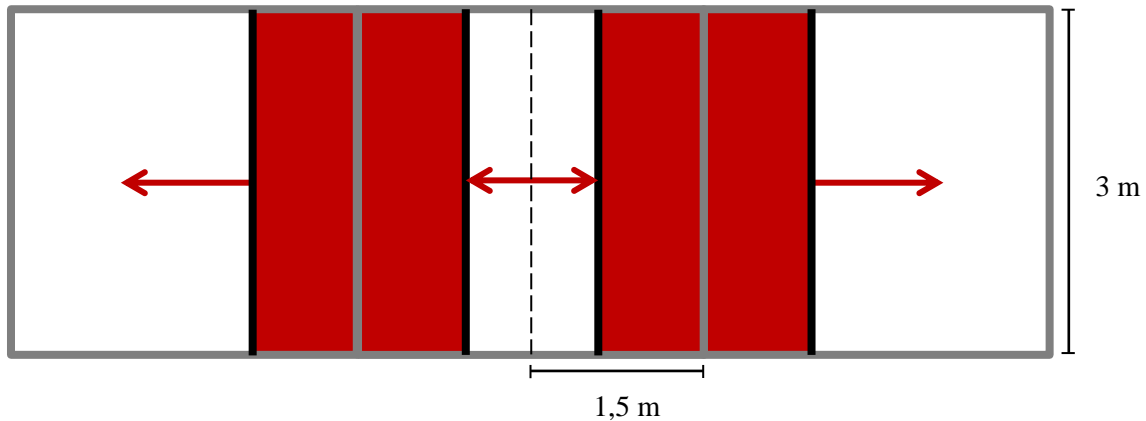
För att kunna utföra beräkningar behöver flamspridningen definieras. Denna kommer vara olika snabb för de två olika typerna av tyger, där den icke flamskyddade kommer ha en högre spridningshastighet än den flamskyddade. Draperisektionerna består av tre stycken delar vardera som mäter 3 x 3 meter styck. Antändning sker i mittersta delen och sprids horisontellt och vertikalt. För det icke flamskyddade draperiet antas flamspridningen ske enligt figur B3 nedan. Antagandet bygger på att effektkurvan följer först den som visas i figur B2 från försöket från SP och då kurvan når sitt maximala värde på 900 kW efter 28 sekunder antas flammorna spridits till hela sektionen. Branden fortsätter sedan spridas med en konstant horisontell spridningshastighet som antas vara densamma som fram till det att hela mittersta sektionen brinner, det vill säga $1,5/28 = 0,054 \text{ m/s}$.



Figur B3. Horisontell och vertikal flamspridning i det icke flamskyddade draperiet.

Då informationen kring avlocknandet av draperiet är bristfällig görs vissa antaganden kring denna fas. Den horisontella flamspridningen fortskrider likt tidigare, samtidigt som avlocknandet antas ske

horisontellt från centerlinjen av draperisektionen med samma hastighet som flamspridningen, se figur B4 nedan. Detta resulterar i att från och med att hela mittersta sektionen brinner kommer den brinnande arean vara konstant, och därmed även effektutvecklingen som antas vara areaberöende också vara konstant. Detta resulterar i en effektutvecklingskurva enligt figur B7 nedan.

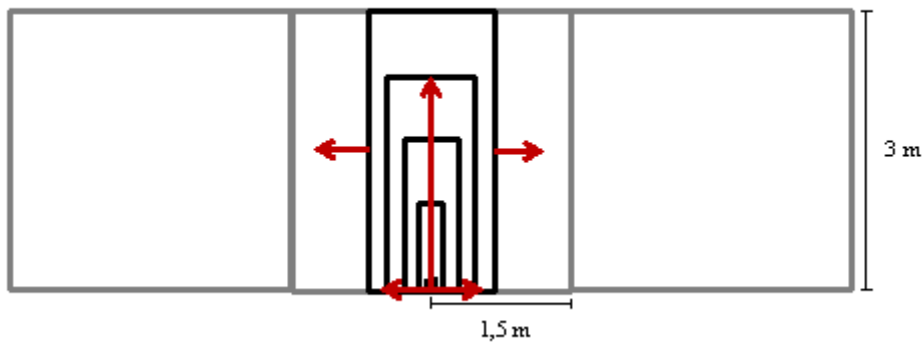


Figur B4. 28 sekunder efter antändning sker endast horisontell flamspridning för det icke flamskyddade draperiet.

Den flamskyddade gardinen kommer bete sig annorlunda på så sätt att flamspridningshastigheten kommer vara lägre. Antagandet görs att då effektutvecklingskurvan nått sitt maximala värde, det vill säga 510 kW efter 26 sekunder har flaman propagerat hela sträcka (3 meter) i höjded. Värt att poängtera här är att detta resulterar i en liknande, och till och med något högre spridningshastighet i vertikalled än för fallet med icke flamskyddat tyg. Anledningen till att denna förenkling ändå görs är att någon maximal area för förbränningsområdet måste uppnås till denna punkt då effekten når sitt högsta värde och att denna antas vara areaberöende.

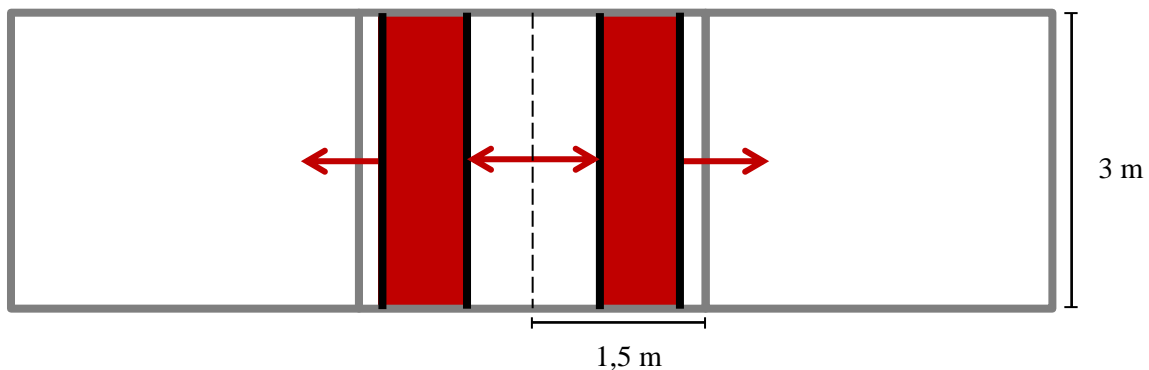
Skillnaden i spridningshastighet ligger istället i horisontalled där flampåverkan är mindre. Areaomskalning mellan försöken med utgångspunkt i effektkurvornas maxvärden utförs här för att söka den area som maximalt brinner. För försöket med icke flamskyddat tyg fås en maximal effekt på 900 kW då $3 \cdot 3 = 9 \text{ m}^2$ brinner. För det flamskyddade tyget uppnås maxeffekten 510 kW. Förhållandet mellan dessa effekter, $510/900 = 0,567$ antas vara detsamma som förhållandet mellan förbränningsareorna vid samma tidpunkt, det vill säga vid det flamskyddade tygets maximala effekt brinner $0,567 \cdot 9 = 5,1 \text{ m}^2$ av draperiet. Efter detta antas tyget slockna, det vill säga $5,1 \text{ m}^2$ är den maximala arean som kommer brinna samtidigt för fallet med det flamskyddade tyget, 3 meter hög och $5,1/3 = 1,7$ meter bred.

Flammans spridning för det flamskyddade tyget visas i figur B5 nedan.



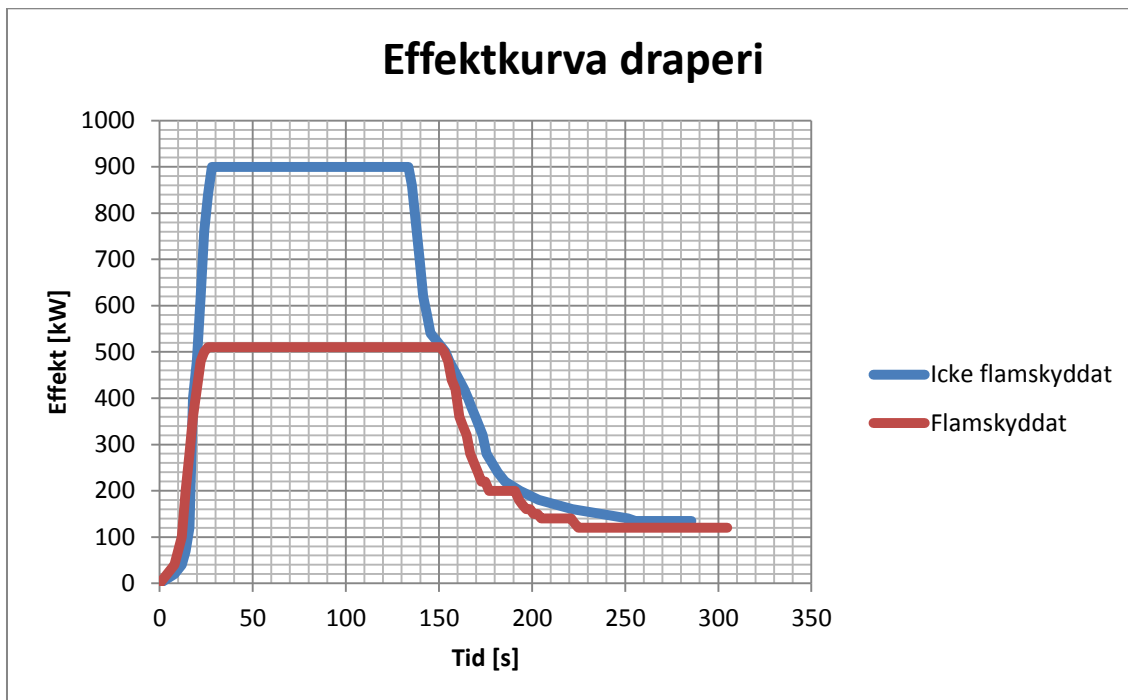
Figur B5. Horisontell och vertikal flamspridning för det flamskyddade draperiet.

Den maximala arean brinner vid tidpunkten för den maximala effekten, det vill säga efter 26 sekunder. Efter detta sprids flammen med konstant hastighet i horisontalled motsvarande hastigheten fram till tiden 26 sekunder, $(1,7 / 2) / 26 = 0,0327 \text{ m/s}$. Likt fallet med det icke flamskyddade tyget antas även flammen slockna horisontellt från centerlinjen med motsvarande hastighet, se figur B6 nedan. Kompensation för den totala arean under kurvan görs för att denna ska motsvara tre gånger den energimängd som finns tillgänglig i försöket. Detta resulterar i en effektutvecklingskurva enligt figur B7.



Figur B6. 26 sekunder efter antändning sker endast horisontell flamspridning för det flamskyddade draperiet.

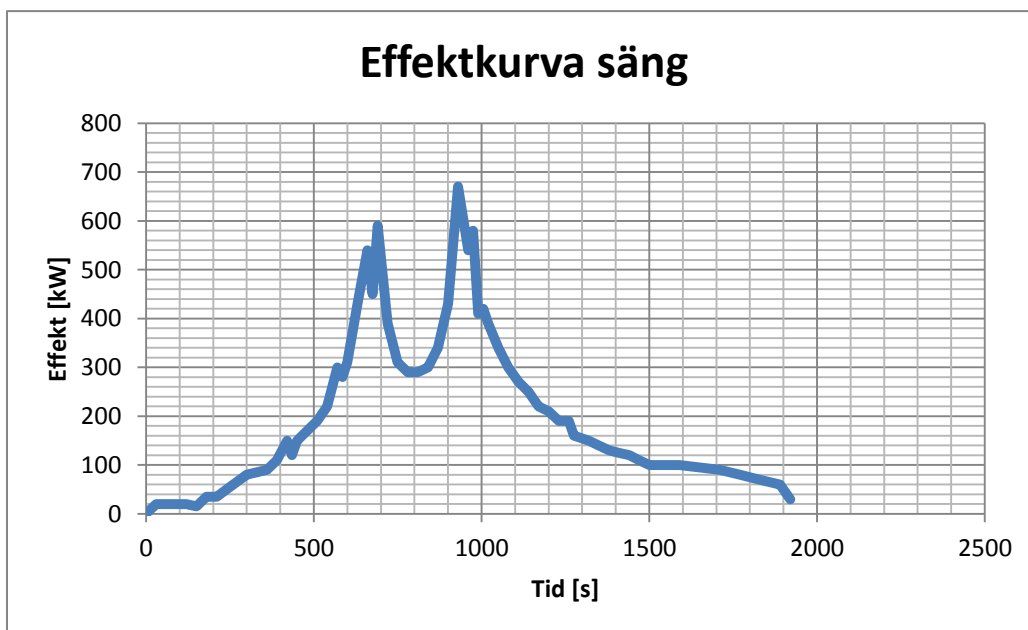
Framtagna effektutvecklingskurvor för flamskyddade och icke flamskyddade draperier visas i figur B7 nedan.



Figur B7. Framtagna effektutvecklingskurvor för flamskyddade och icke flamskyddade draperier.

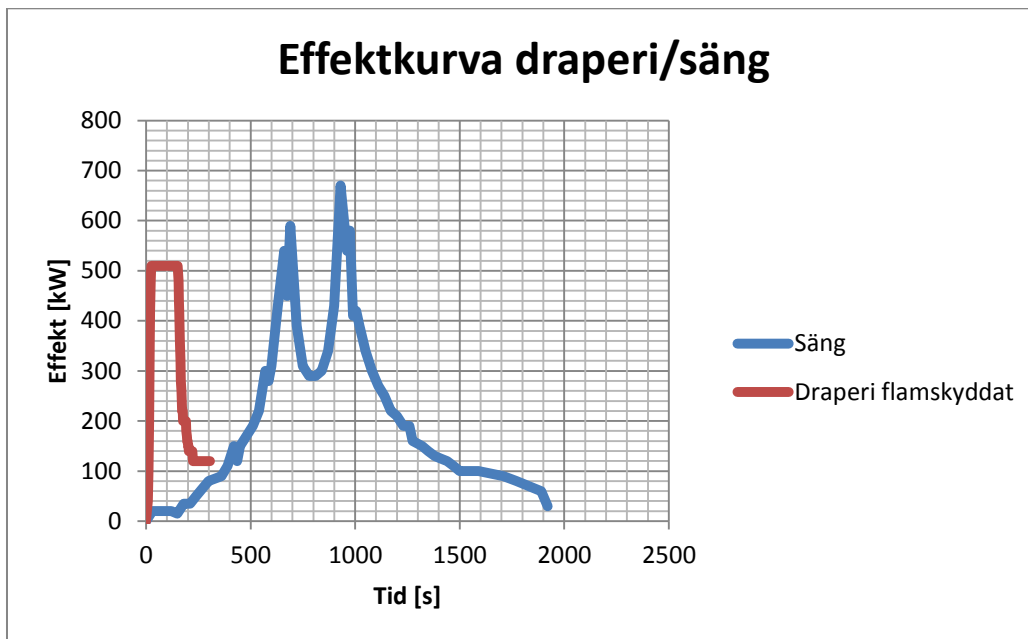
Från det att tillväxten avtagit och avsläckningen påbörjats antas bitar av draperiet börja falla ner och antändning av dynan på bänken ske. Effektutvecklingskurvan för madrassen adderas därför till effektutvecklingskurvan för draperiet efter 26 sekunder då branden i draperiet når sitt högsta värde.

För bänken har försök utförda på säng använts för att approximera effektutvecklingen. Detta då dynan uppskattas ha ungefär samma volym som för en enkel madrass på en säng samt mängden trämaterial bedöms vara ungefär likvärdigt med vad som beskrivs i experiment utförda av SP. Kurvan från försöket visas i figur B8 nedan.



Figur B8. Effektutvecklingskurvan för en säng (Särdqvist, 1993).

Jämförelse mellan kurvorna visas i figur B9 nedan. Dessa kurvor adderas sedan för att få den aktuella effektutvecklingskurvan för satorummet.



Figur B9. Jämförelse mellan effektutvecklingskurvorna för en säng och ett draperi.

Spridning till draperiet på andra sidan rummet är också av stort intresse att beräkna på grund av draperiernas snabba effektutveckling. Strålningsberäkningar mellan dessa kan dock bli något komplicerade då flammen är vriden i förhållande till draperiet samt att den förflyttar sig närmare och närmare desto längre branden i draperi nummer ett får fortlöpa. Därför görs antagandet att branden sprids till draperi nummer två vid tillfället då den nått kanten på draperiet intill dörröppningen, det vill säga slutet på den konstanta fasen på effektutvecklingskurvan för det första draperiet vilket sker efter 151 sekunder. Avståndet mellan ändarna på draperierna är här kort, samt att flammor från draperi nummer ett riskerar att följa med brandgasflödet ut genom den eventuellt öppna dörren, och på så sätt utsätta draperi nummer två för direkt flampåverkan. Effektutvecklingen för draperi nummer två antas sedan följa samma kurva som för draperi nummer 1. Detta är egentligen något extremt då denna inkluderar horisontell spridning åt båda hållen vilket inte är fallet för draperi nummer 2 eftersom det antänds i ena änden. Det bedöms dock vara en rimlig konservativ förenkling då temperaturen i utrymmet antagligen hunnit öka samt återstrålningen blivit betydligt större vilket påskyndar effektutvecklingen.

De två första bänkraderna står med ett avstånd på uppskattningsvis 1 meter ifrån varandra. Detta innebär att kort in i brandförloppet finns det risk för spridning från första bänken och första draperiet vidare till andra bänken på grund av strålning från branden. Trämaterialet på bänkens baksida som står riktad mot branden antänds vid en infallande strålningsnivå på 12 kW/m^2 (Drysdale, 2011) då pilotlåga finns tillgänglig. För att möjliggöra beräkning av synfaktor för strålningsberäkning kommer antagandet göras att bänkarna är raka istället för bågformade. Då den första bänken i verkligheten är placerad i en cirkelbåge runt den andra bänken kommer detta göra att synfaktorn för en punkt mitt på andra bänken kommer bli högre än i fallet då de är raka. Av den anledningen halveras avståndet mellan bänkarna, det vill säga verkligheten antas vara jämförbar med fallet då två raka bänkar står placerade på avståndet 0,5 meter ifrån varandra.

Beräkning av flamhöjden innebär vissa svårigheter. Detta då de flesta formler gäller cirkulära flambaser. Därför görs det konservativa antagandet att flammen sträcker sig från golvet hela vägen upp till taket. Detta kan vara något i överkant för enbart bänken, men motiveras som rimligt då draperirester kan hänga kvar vid taket samt att heltäckningsmattan kan bidra till att få en ökad flamhöjd. Flammen propagerar sedan med en konstant horisontell flamhastighet. Den antas uppnå sinn

fulla längd på 5 meter vid tidpunkten för den första toppen på effektkurvan, det vill säga 690 sekunder efter antändning av första bänken. Att kurvan sedan fortsätter öka beror troligen på att branden sprids djupare in i bänken. Detta resulterar i en horisontell spridningshastighet på $5/690 = 0,007 \text{ m/s}$.

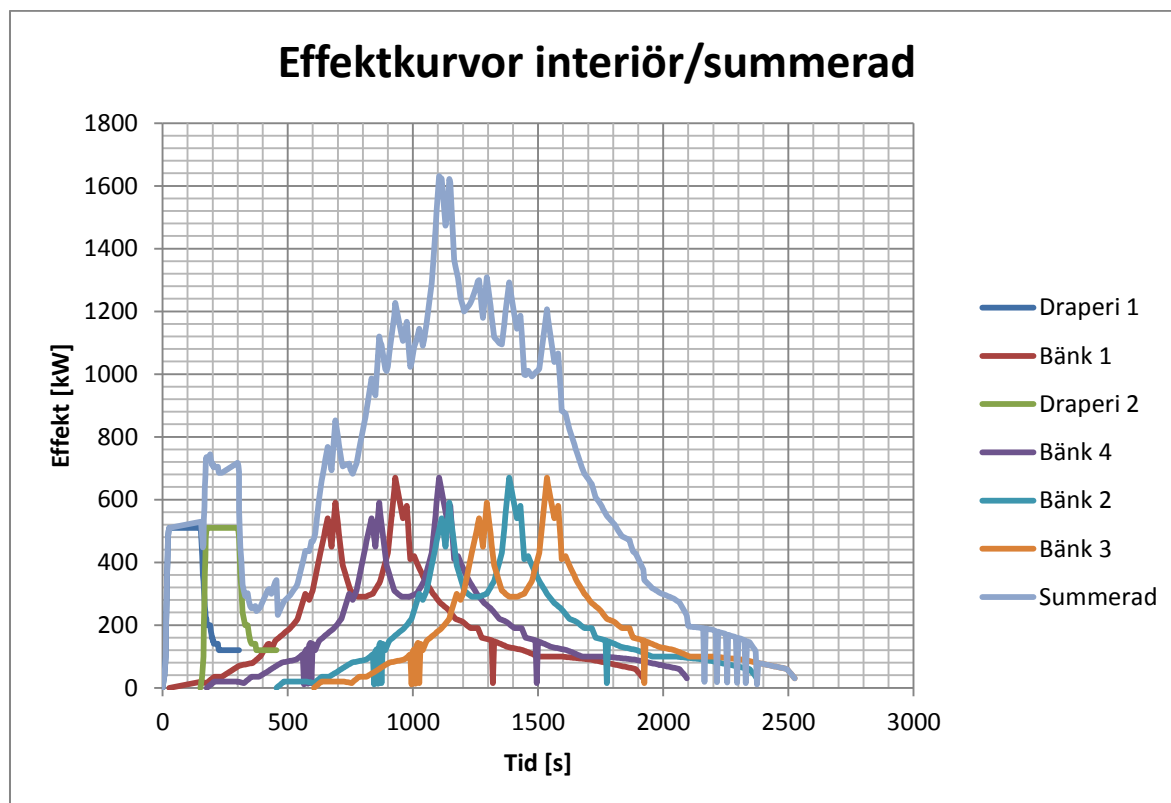
Beräkningar på strålning visar att då flamman från bänken når en bredd på 3 meter uppnår strålningen mot bänk nummer två så pass hög nivå att antändning sker. Branden som startar mitt på dynan på bänk nummer ett har då pågått i $3/0,007 = 430 \text{ s}$.

Motsvarande resonemang likt ovan förs kring antändning av bänk nummer tre och nummer fyra. Antändning av bänk nummer fyra sker då draperi nummer två når sitt högsta värde och 430 sekunder senare antänds bänk nummer tre enligt beräkning ovan. Den horisontella spridningshastigheten som i detta fall endast propagerar i en riktning antas gå snabbare på grund av den förhöjda temperaturen i rummet samt infallande strålning från övriga brinnande föremål, och scenariorna kan därför jämföras. Händelserna i brandförloppet presenteras i tabell B1 nedan.

Tabell B1. Händelser och tidsangivelser för scenariot i sagorummet.

Tid [s]	Händelse
0-26	Draperi nummer ett brinner
26	Draperi nummer ett når sin maxeffekt och bänk nummer ett antänds
151	Draperi nummer två antänds
177	Draperi nummer två når sin maxeffekt och bänk nummer fyra antänds
456	Bänk nummer två antänds av strålningen från bänk nummer ett
607	Bänk nummer tre antänds av strålningen från bänk nummer fyra

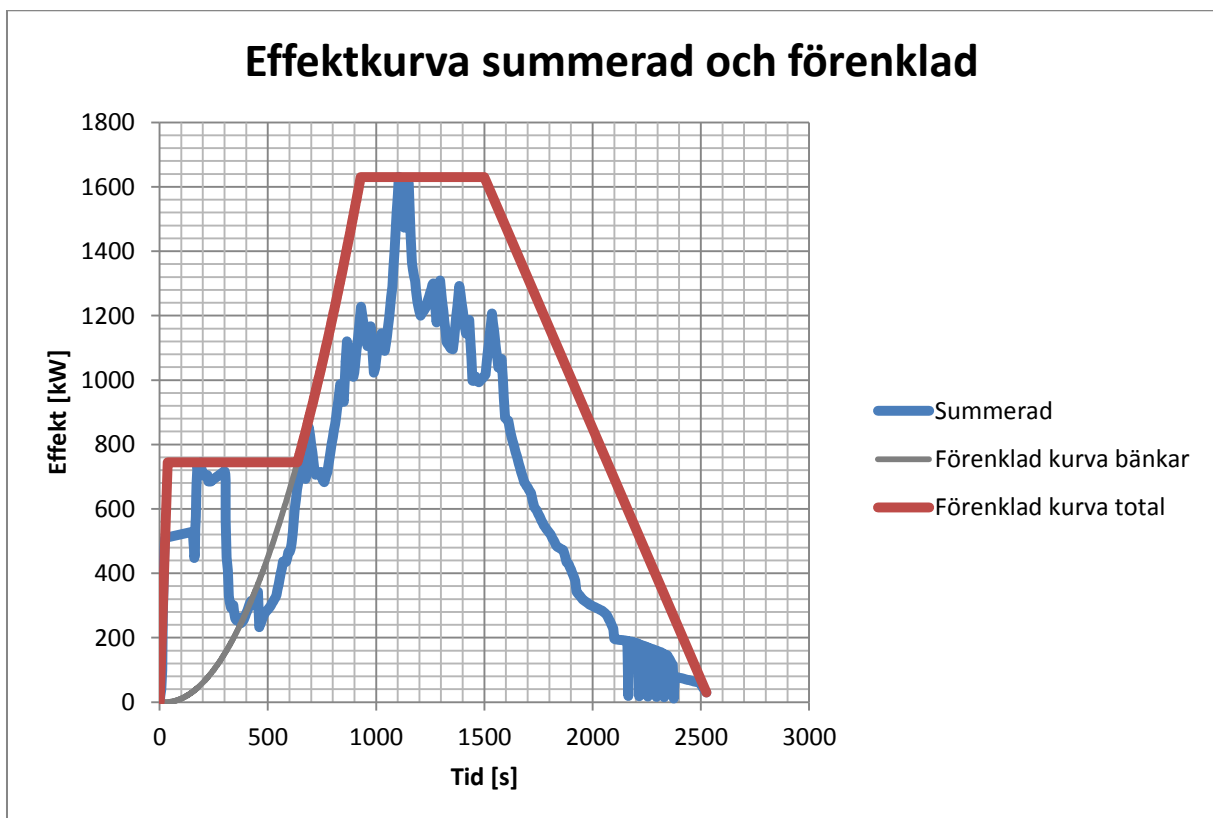
Summan av föremålens effektutvecklingskurvor visas i figur B10 nedan.



Figur B10. Effektkurvor för interiören i sagorummet, samt den summerade effektutvecklingskurvan.

För att underlätta fortsatta beräkningar görs redan här viss förenkling av effektutvecklingskurvan. De två draperierna bidrar till en hastig effektutveckling tidigt i brandförloppet. Denna del förenklas till en linjär tillväxtfas från starten av brandförloppet till den maximala effekt som uppnås med bidrag av draperierna, det vill säga 1350 kW. Därefter följer en konstant effekt. Detta för att den hastiga sänkning av effekt som uppstår då draperierna slocknar är så pass osäker att detta väljs som ett konservativt antagande för att undvika problematiken med att hantera denna osäkerhet. Efter den konstanta fasen adderas en linjär tillväxt som är en fortsättning av den exponentiella tillväxt som uppstår tack vare bänkarnas bidrag. Denna syns tydligt i effektkurvan efter draperiernas avslockning. Då kurvans maxeffekt uppnåtts antas denna konstant fram tills avslockningen påbörjas. Här har brandförloppet pågått så pass länge att utrymning högst troligt redan skett och räddningstjänsten är på plats och kan begränsa branden. Därför läggs ingen vikt vid att beskriva denna fas noggrannare.

Både den från försök och beräkningar framtagna effektutvecklingskurvan samt den förenklade modellen visas i figur B11 nedan.



Figur B11. Den slutgiltiga förenklade kurvan som är linjärt anpassad efter den summerade.

Bilaga C. Framtagning av effektutvecklingskurva, bokhall 301

Två försök gjorda med bokhyllor används vid framtagning av effektutvecklingskurva för bokhall 301. De förutsättningar och försöksuppställningarna som används i försöken med bokhyllor anses inte till fullo vara representativa för bokhyllor i den dimensionerande branden i bokhallen. Vidare görs vissa antaganden och förenklingar för att kunna beskriva den dimensionerande branden.

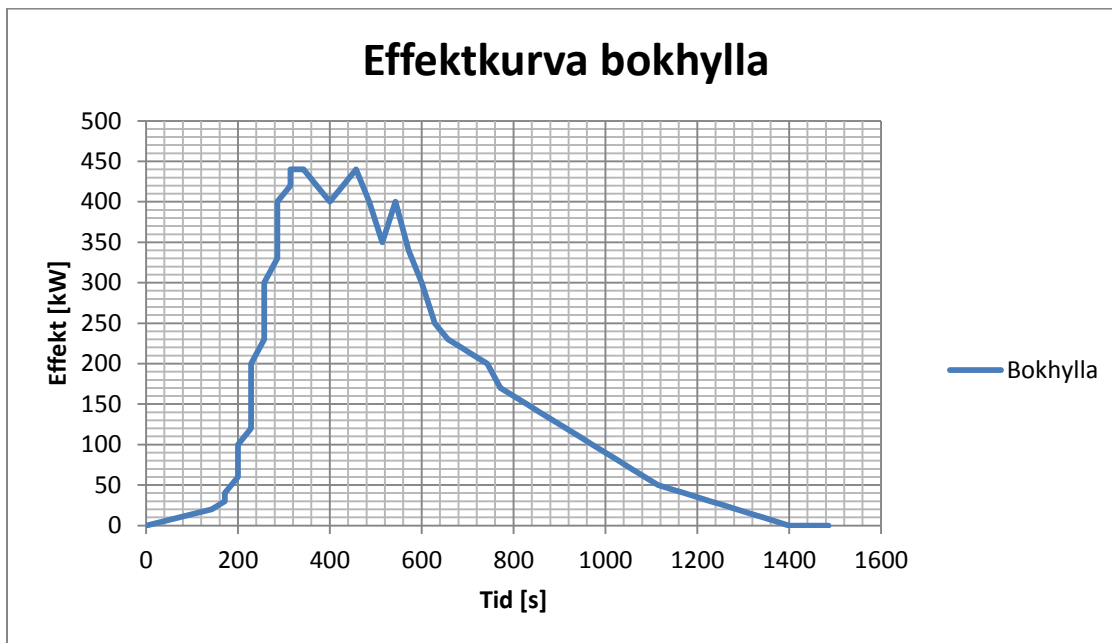
Tiden till att branden sprider sig till närliggande bokhylla kan anses vara den tid det tar att uppnå maxeffekt för en bokhylla. Detta eftersom flammorna då propagerat hela vägen ut i kanten på hyllan och hela sektionen brinner. Detta ger direkt flampåverkan till närliggande bokhylla vilket ger antändning på denna. Ovanför bokhyllorna finns träfaner som kan tänkas börja brinna, då detta antas ge ett litet tillskott till effekten kan faneren bortses ifrån vid framtagning av en effektkurva.

Med tanke på osäkerheterna i antaganden bör en högre maxeffekt användas, till exempel så kan hänsyn tas till att bokhyllorna i stadsbiblioteket utgör en högre brandbelastning än den bokhylla som användes i det fribrinnande försöket. Träfaneren på en del av väggarna kommer också ge ett bidrag till effektutvecklingen.

Att branden sprider sig till andra föremål i närheten av bokhyllorna är inte osannolikt men svårt att exakt uppskatta ett värde på. Därför är det motiverat att använda ett något högre värde på maxeffekten som ett konservativt antagande. Vidare är effektutvecklingen en parameter vars påverkan på resultatet undersöks noggrannare i känslighetsanalysen.

Det första försök som framtagning av effektkurvan i bokhallen baseras på är ett försök gjort med en fristående bokhylla. Resultatet från detta ges av en effektutvecklingskurva. Ett försök på en fritt brinnande bokhylla stämmer överrens med scenariot i bokhallen då takhöjden här är hög och återstrålning från ett eventuellt brandgaslager är därför låg.

Effektkurvan från detta försök visas i figur C1 nedan.

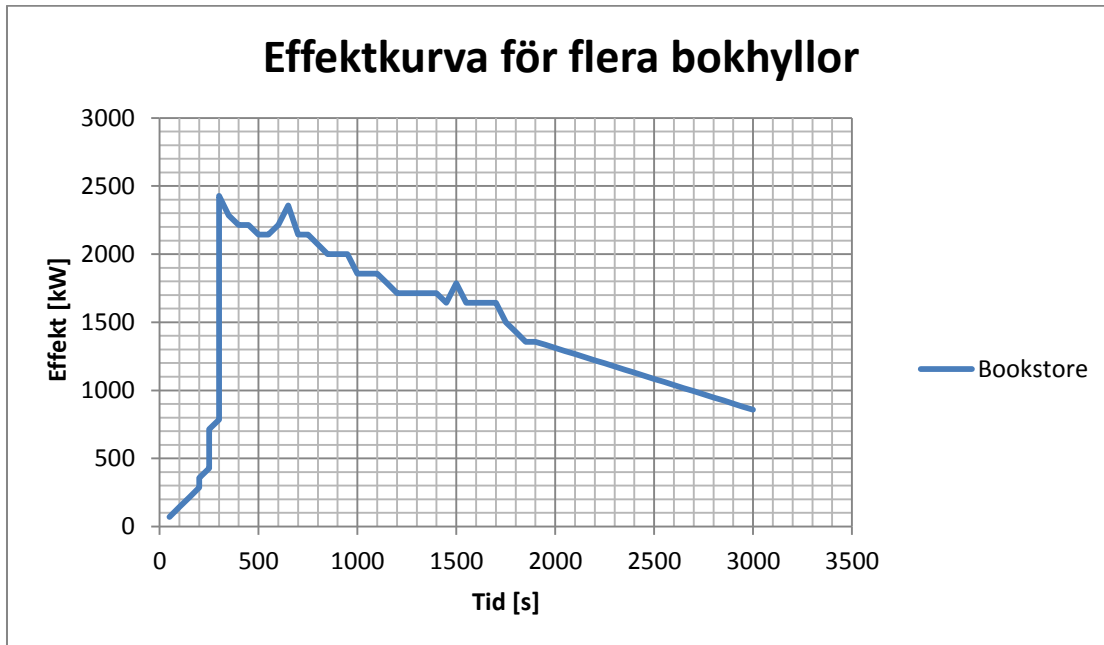


Figur C1. Effektutvecklingskurva för en fribrinnande bokhylla (Rein, Empis, & Carvel, 2007).

Enligt strålningsberäkningar för fristående bokhylla finns risk att branden sprider sig vidare till bokhyllorna utmed väggen och till bokvagnar uppställda framför bokhyllorna. Då kurvan som visas i figur C1 är framtagen för endast en bokhylla analyseras även resultat utförda på flera bokhyllor för att ligga till grund för brandscenariots effektutvecklingskurva. Då flera bokhyllor i detta försök står placerade i grupp kommer en hastigare effektutveckling att uppstå än då endast en bokhylla brinner på

grund av strålning mellan bokhyllorna. Detta försök kan i detta beaktande anses mer representativt i ett senare stadie av brandförloppet i bokhallen. Försöket är dock gjort i ett utrymme med 2,4 meter i takhöjd vilket leder till att även återstrålning från ett bildat brandgaslager påskyndar effektutveckling. Detta kommer inte vara fallet i bokhallen då takhöjden här är betydligt högre. Av denna anledning antas hastigheten för effektutvecklingen vid en eventuell brand i bokhallen vara någonstans mellan de två försöken.

Effektutvecklingskurvan för försök gjort på flera bokhyllor visas i figur C2 nedan.



Figur C2. Effektutvecklingskurva för ett experiment med en "bokaffär" med flera bokhyllor som försöksuppställning (Bwalya, Zalok, & Hadjisophocleous, 2007).

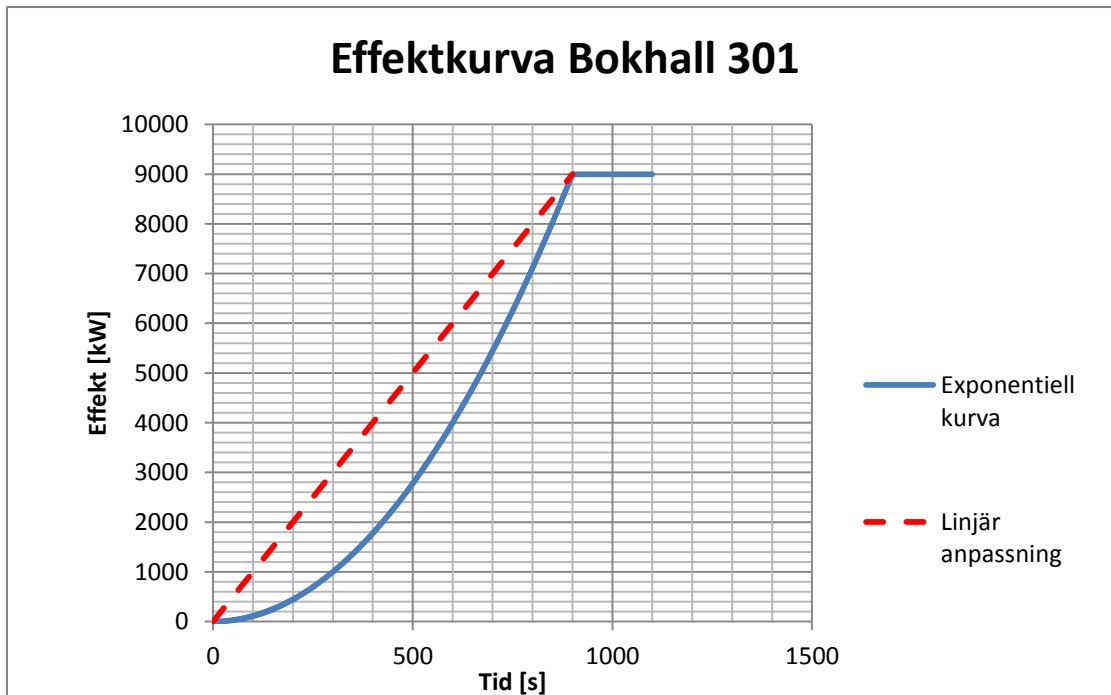
För att kunna jämföra effekten som utvecklas vid en eventuell brand i bokhyllorna i bokhallen med experiment, görs en volymskalning av bokhyllorna. Det antas att bokhyllorna i experimentet och i bokhallen har ungefär lika stort djup, således används en areaskalning. Den angivna effekten per kvadratmeter tas fram genom att uppskatta arean på bokhyllorna i experimentet och dividera den maximala effekten med arean. Uppskattad area på bokhyllorna i experimentet är 10 m^2 och maxeffekten är $2,4 \text{ MW}$. Den resulterande effekten per kvadratmeter är $0,24 \text{ MW/m}^2$.

Gemensamt för försöket med en bokhylla samt försöket med flera bokhyllor är att effektutvecklingen de första 3 minuter är långsammare än effektutvecklingen som sker senare. Denna del av effektutvecklingen kallas för förbrinnfasen och då uppnås en låg effekt (Karlsson & Quintiere, 2000). Hur länge denna fas pågår beror på antändningskällans styrka. Då osäkerheter finns kring huruvida antändningskällan skulle verka i biblioteket väljs att bortse från denna fas, vilket skapar ett värsta troliga fall.

Det fortsatta brandförloppet i försöken följer en närmare linjär utveckling. Att anpassa en exponentiell kurva utifrån dessa försök vore därför svårt, detta då de effekter som uppnås senare i brandförloppet med denna approximation anses orimligt höga. Av denna anledning söks brandscenariots maxeffekt med hjälp av linjär tillväxt med utgångspunkt i de två försök som utförts. Därför approximeras först dessa effektutvecklingar i form av effekttökning per 100 sekunder ($\text{MW}/100 \text{ s}$). För försöket med en bokhylla utvecklas branden med $0,4 \text{ MW}/100 \text{ sekunder}$ och för försöket med flera bokhyllor utvecklas branden med $2 \text{ MW}/100 \text{ sekunder}$. Då inget av dessa värden anses representativt för brandförloppet i bokhallen enligt motiveringarna ovan görs en kvalitativ uppskattning av brandförloppet. Den linjära brandutvecklingen antas ske med $1 \text{ MW}/100 \text{ sekunder}$.

Med denna linjära tillväxthastighet beräknas den maxeffekt som uppnås efter 900 sekunder. Detta ger en effekt på 9 MW. Med avseende på att de flesta brandförlopp i verkligheten inte utvecklas linjärt utan exponentiellt anpassas sedan en så kallad αt^2 -kurva, vilket ofta är fallet för brandförlopp (Karlsson & Quintiere, 2000). Tillväxthastigheten för denna fas beräknas och kurvan fram till tiden 900 sekunder fås fram.

Utformning av brandscenariot i bokhall 301 resulterar i en effektutvecklingskurva enligt figur C3 nedan.



Figur C3. Den linjära anpassningen med tillväxthastighet 1 MW/100 sek och den slutgiltiga αt^2 -kurva där tillväxthastigheten $\alpha=0,0111 \text{ kW/s}^2$.

De 9 MW som utvecklas 900 sekunder in i brandförloppet innefattar enligt beskrivningen av scenariot bokhyllor, bokvagnar samt bänkrader. För bokvagnarna används areaskalningen från försöken som beskrivs i scenariobeskrivningen, det vill säga att en bokhylla brinner med 240 kW per kvadratmeter framsida bokhylla. Arean på bokvagnarnas framsidor uppskattas till $1,1 \text{ m}^2$ vardera. Detta ger en maximal effekt för de fem bokvagnarna på $1,1 \cdot 5 \cdot 240 = 1320 \text{ kW}$. För bänkarna används informationen om att varje sittplats brinner med cirka 100 kW (Särdqvist, 1993) och utifrån bilder från platsbesöket uppskattas det finnas 30 stycken platser sammanlagt på bänkarna. Detta ger en maximal effekt för bänkarna på $100 \cdot 30 = 3000 \text{ kW}$. De försök som ligger till grund för bänkraderna är försök utförda med metallstolar där sitsen består av stoppat material, dessa anses stämma överrens med bänkradernas utformning.

Slutligen beräknas den area med vilken bokhyllan längs väggen brinner för att önskad effekt ska uppnås. För scenariot ska den maximala effekten vara 9000 kW, detta innebär att bokhyllan måste brinna med en effekt på $9000 - 1320 - 3000 = 4680 \text{ kW}$. Bokhyllan är 2,2 meter hög, brinner med en effekt på 240 kW per area framsida. Detta resulterar i att $4680 / (240 \cdot 2,2) = 8,9$ meter av bokhyllans längd kommer behöva brinna efter 900 sekunder vilket bedöms som rimligt.

Bilaga D. Framtagning av effektutvecklingskurva, facksal 1

Antändning av bokhylla, bord och stol antas ske då den infallande strålningen är 12 kW/m^2 , vilket baseras på då trä antänds (Drysdale, 2011). Strålningen beräknas från en yta till en punkt. Flamtemperaturen antas vara 1200 K och emissiviteten ansätts till 1. Beräknad höjd på ytan som strålar tas fram genom Heskestads ekvation för flamhöjd. Effekten som flamhöjden grundar sig på tas fram genom att multiplicera arean av bokhyllan med areaskalningen. Maxeffekten för en bokhylla är $0,3 \text{ MW}$. Först utförs beräkningar då endast den närmast bokhyllan brinner, därefter beräknas strålningen för två och tre bokhyllor. För tre brinnande bokhyllor är strålningen tillräckligt hög för att antändning av bokhyllan ska ske. Heskestads ekvation baseras på diametern av en cirkulär brinnande yta. Eftersom bokhyllorna har en brinnande yta som är rektangulär är ekvationen inte helt representativ. Dock används resultatet endast för att få en grov uppskattning av i fall bokhyllan kommer kunna antändas. Då de tre närmaste bokhyllorna brinner fås en strålning på 13 kW/m^2 , vilket överstiger 12 kW/m^2 och branden kan således sprida sig till andra sidan gången.

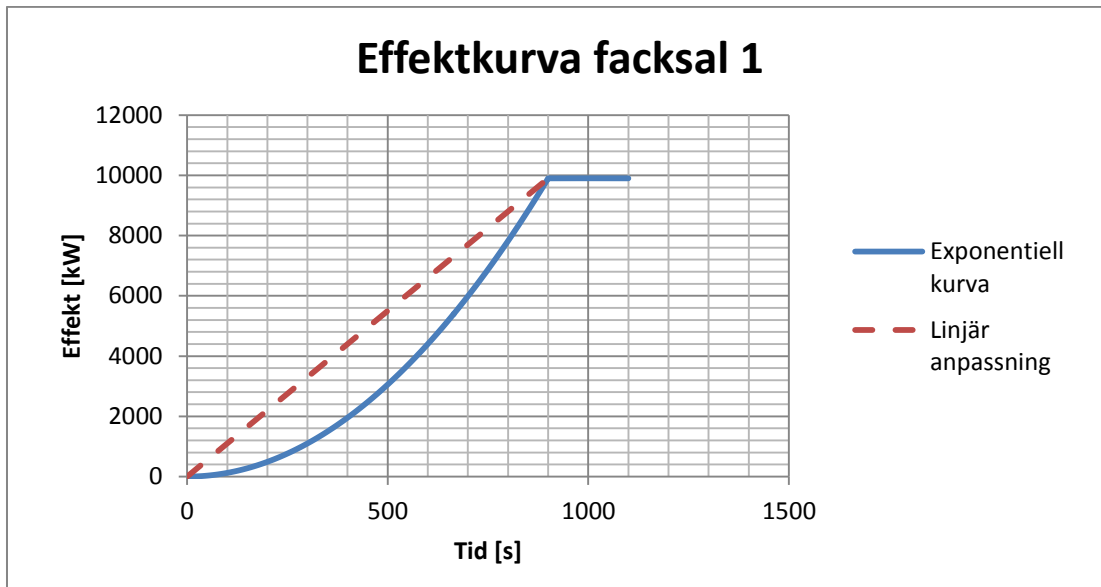
Vid framtagning av effektutvecklingskurvan för brandförloppet i facksal 1 används två experiment som underlag. Dessa experiment kan ses i figur C1 och C2 i bilaga C ovan. Facksal 1 har en takhöjd som är betydligt högre än i experimentet som utförts med flera bokhyllor och därmed kommer det inte förekomma återstrålning i lika stor grad. Avståndet mellan bokhyllorna är längre i facksalen jämfört med experimentet vilket bidrar medför att försöket som gjorts anses få en hastigare effektutveckling. Bokhyllorna antänds på liknande ställen, dock antänds bokhyllan i experimentet med en antändningskälla som representerar en stor papperskorg vilket kommer antagligen leda till en hastigare brandspridning jämfört med om en bokhylla antänds med exempelvis en cigarettändare. Sammanfattningsvis kan antas det att försöket som utförts med flera bokhyllor sker med en hastigare brandutveckling än vad som skulle vara aktuellt vid en eventuell brand i facksal 1.

Det andra försök som används vid framtagning av effektutvecklingskurvan för facksal 1 är ett försök utfört med en bokhylla som brinner fritt. Detta kan anses mer representativt för det dimensionerande brandscenariot i facksalen då strålning från ett brandgaslager inte avsevärt anses påverka branden under det aktuella tidsspannet. Då bokhyllorna är placerade i dubbla rader i facksal 1 antas effektutvecklingen vara högre än i försöket utfört med en bokhylla.

Likt branden i bokhall 301 bortses även i detta scenario från förbrinnfasen. En linjär approximation från försöken beskrivna tidigare på $0,4 \text{ MW}/100$ sekunder respektive $2 \text{ MW}/100$ sekunder används även här som utgångspunkt. Då inget av dessa experiment anses vara fullt representativa används ett viktat värde mellan dessa experiment för att uppskatta den linjära tillväxten för scenariot. Med motivering ovan bedöms effektutvecklingen vara lägre än effektutvecklingen i försöket med flera bokhyllor och hastigheten kommer således vara lägre än $2 \text{ MW}/100$ sekunder. På grund av att försöket utförts som en fristående brand och endast utgörs av en bokhylla anses effektutvecklingen vara högre i facksalen på grund av strålning mellan hyllorna, och följaktligen högre än $0,4 \text{ MW}/100$ sekunder.

Hörnet i facksalen kan bidra till en något hastigare effektutveckling än vid jämförelse med den dimensionerande branden i bokhall 301. Dessutom finns bokhyllor placerade mitt emot varandra (på andra sidan gången) samt att föremålen i allmänhet står placerade tätare varandra i facksal 1 än bokhall 301 vilket bedöms bidra till ett hastigare brandförlopp. För den dimensionerande branden i facksal 1 uppskattas därför en linjär effektutveckling på $1,1 \text{ MW}/100$ sekunder. Efter 900 sekunder uppnås en maximal effektutveckling på $9,9 \text{ MW}$.

En exponentiell kurva anpassas enligt formeln αt^2 likt för branden i bokhall 301, se figur D1 nedan.



Figur D1. Den linjära anpassningen med tillväxthastighet 1.1 MW/100 sek och den slutgiltiga αt^2 -kurva där tillväxthastigheten $\alpha=0,0122$ kW/s².

För att få fram den effekt som kan uppnås vid en eventuell brand i facksal 1 används den beräknade effekten per kvadratmeter för bokhyllor utifrån experimentet för flera bokhyllor, se bilaga C. Första delen som antänds är bokhyllan intill ingången. Därefter antänds de två mindre bokhyllorna framför den första och till sist antänds en del av bokhyllan längs andra väggen, se figur 49. Tiden till antändning uppskattas med hjälp av att först beräkna med vilken maxeffekt de olika sektionerna kommer brinna med. Detta gör med hjälp av areaskalning. Utifrån försöket som beskrivs i scenariobeskrivningen brinner dessa bokhyllor med uppskattningsvis 240 kW per kvadratmeter framsida av bokhyllan. Det vill säga den maximala effekten från försöket divideras med ytan som bokhyllans framsida täcker.

Den första bokhyllan har en framsida med arean 11,2 m² vilket ger en maximal effekt efter areaskalning på 2685 kW. De två mindre bokhyllorna har två framsidor vardera på en sammanlagd area på 18 m² vilket ger en maximal effekt efter areaskalning på 4219 kW. Hur stor del av den sista bokhyllan som ska brinna avgörs nu av den resterande effekten upp till scenariots maxeffekt på 9,9 MW. Denna del ska brinna med en effekt på $9900 - 2685 - 4219 = 3006$ kW. Areaskalningen med arean som okänd ger att 13 m² behöver brinna för att denna effekt ska uppnås. Då bokhyllan har en höjd på 2,2 meter ger det en längd på $13/2,2 = 5,7$ m.

Bilaga E. Beskrivning av indata till FDS-simulering

Nedan beskrivs indata för simulering i FDS för de dimensionerande brandscenarierna.

Sagorummet

Geometrin för sagorummet utgörs av två rutnät, i figur 30 i avsnitt 6.2 illustreras gränserna av de vita kantlinjerna. Anledningen till att det finns två rutnät är att trappan som leder till bland annat toaletter i entréhallen ger en annan takhöjd än i resten av volymen.

Grundstommen för hela biblioteket består av betong. Alla fasta objekt (tak, väggar och golv) som inte är brännare består av samma material, materialet beskrivs med värden för lättbetong. Anledningen till att ett material används är att i simuleringen skall hänsyn tas till värmeförluster.

De gröna diagonala rätblocken som visas i figur 30 motsvarar de halvcirklar sagorummet är uppbyggt av. För att motverka det extra flödesmotståndet som uppstår vid skarpa kanter används funktionen SAWTOOTH med parametern FALSE i FDS. Denna funktion jämnar ut kanterna vilket leder till att virvlar inte bildas (Gissi, 2010).

De dörrar som antas öppna är dels de två som finns i korridoren in till sagorummet, och den dörr som leder ut till barnavdelningen från entréhallen. Dessa dörrar är utrustade med magnetuppställning och stängs således när brandlarmet utlöser. Dock antas dessa dörrar vara öppna under pågående utrymning och vid simulering beskrivs dessa som öppna för att undersöka brandgasspridning till intilliggande lokal. Dörren mellan entréhallen och sagorummet utgör ingen brandcellsgräns så där är ett läckage förväntat. Den ljusblåa kortsidan som visas i figur 30 beskrivs med funktionen VENT med parametern OPEN i FDS. Detta medför att brandgaser och luft kan strömma ut ur och in i volymen.

Två linjedetektorer i FDS används för att uppskatta siktnedsättningen och sikten beräknas då för en sträcka på 10 meter. 10 meter är den sträcka som inte får understigas enligt definierade kritiska förhållanden i avsnitt 2. Förändringen i sikt för ett genomskärande plan beräknas kontinuerligt och kan illustreras i programmet Smokeview. Dessa beräkningar för ett genomskärande plan görs även för kontinuerlig strömningshastighet och temperatur nära flammen.

De röda ytorna i figur 30 är brännarytor med sex olika parametrar som bland annat avgör funktionen HRRPUA (Heat Release Rate Per Unit Area). För att branden ska följa den för scenariot givna effektutvecklingskurvan används funktionen RAMP i FDS. Denna funktion gör det möjligt att öka effekten för olika brännare vid givna tidssteg. Rummet byggs upp med sex olika brännare, draperi 1-2 och bänk 1-4, se figur 30. Dessa antänds vid de tidpunkter som beskrivs i scenariobeskrivningen, och ökas sedan i effekt med hjälp av RAMP-funktionen.

Förenklingen görs inför simuleringen att inga föremål slocknar. Detta på grund av att RAMP-funktionen endast tillåter ökande effekt och andra metoder skulle därför behöva tas till i FDS. Detta är självklart inte fallet i verkligheten, och störst skillnad gör detta för draperierna som brinner intensivt under en kort stund för att sedan slockna. Detta gör att bidraget från draperierna till brandgaslagret egentligen endast pågår under en relativt kort tid. Förenklingen bedöms dock ändå som rimlig då bänk 1 och bänk 4 står alldeles intill väggen varför flammorna från dessa efter ett tag kommer likna de från draperierna. Dessutom beaktas inte det eventuella bidraget från heltäckningsmattan vilket kan motivera de något kraftigare flammorna och massflödet som uppstår tack vare draperierna.

Effektutvecklingen ökar hastigt i början av brandförloppet. Detta tack vare draperierna. Bänkarna har en relativt lång förbrinntid och påverkar egentligen inte effektutvecklingen märkbart förrän draperierna slocknat. I figur 29 syns den at^2 -kurva som förenklats för bänkarnas bidrag till effektutvecklingen. Vad som görs i FDS är att de olika föremålen antänds i tur och ordning i enlighet med scenariobeskrivningen. Effektutvecklingen för de olika föremålen anpassas sedan för att den totala effektutvecklingskurvan i simuleringen ska vara så pass lik den för scenariot framtagna kurvan som möjligt.

Tabell E1 nedan beskriver steg för steg vad som händer i simuleringen.

Tabell E1. Händelse för tidssteg för det dimensionerande brandförloppet i sagorummet.

Tid [s]	Händelse
0-20	Draperi 1 antänds och ökar linjärt till 500 kW varefter denna hålls konstant
20	Bänk 1 antänds och påbörjar förbrinnfasen
150-160	Draperi 2 antänds och ökar linjärt till 250 kW varefter denna hålls konstant
180	Bänk 4 antänds och påbörjar förbrinnfasen
460	Bänk 3 antänds och påbörjar förbrinnfasen
610	Bänk 4 antänds och påbörjar förbrinnfasen
730	Bänk 1-4 uppnår en effekt på 80 kW vardera
730-900	Bänk 1-4 ökar tillsammans enligt αt^2 -kurvan i figur B11

Antagandet kring bänkarnas förbrinnfas är gjort utifrån de försök som dessa baseras på. Effekttutvecklingskurvan för dessa visas i scenariobeskrivningen och utifrån denna bedöms förbrinnfasen ligga på runt 80 kW. Vad som sedan görs är att vardera bänk antas öka från 0 kW till 80 kW från dess att den antänder fram till en given tidpunkt, 730 sekunder in i brandförloppet. Detta görs dels för att förbrinnfasen antas bli kortare desto längre branden har pågått. Anledningen till detta är att återstrålningen blivit högre från omkringliggande föremål och brandgaslager. Detta innebär alltså att exempelvis bänk 4 som antänds längre in i brandförloppet kommer ha en betydligt kortare förbrinnfas än bänk 1. Antagandet görs även på grund av att det blir enklare att fördela den fortsatta effekttökningen utifrån en punkt där förbrinnfasen passerats för alla fyra bänkar. Det görs efter 730 sekunder då effekttutvecklingskurvan för FDS korsar den i figur 29 inritade αt^2 -kurvan. Härifrån adderas sedan αt^2 -kurvan till de fyra bänkarna.

Bokhall 301

För att beskriva värmeledningen genom golv, tak och väggar så representativt som möjligt med verkligheten definieras dessa ytor med materialegenskaper som gäller för lättbetong i simuleringen. Då hänsyn tas till värmeförluster och värmeledning genom ytor vid simuleringen kan materialvalet ha en viss påverkan. Denna påverkan anses dock vara ytterst liten och väggar, tak och golv anses representativt beskrivet i FDS.

Geometrin för brandgasluckorna som beskrivs i avsnitt 8.2 har förenklats till två luckor vid simuleringen gentemot i verkligheten då det finns sex luckor. Den sammanlagda arean för brandgasluckorna är dock densamma vid simuleringen som i verkligheten. Funktionen VENT med parametern OPEN används vid rutnätets gränser för att beskriva ett flöde ut och in ur luckorna.

In till bokhallen finns fyra stycken ingångar. En utgörs av huvudentrén och de andra tre leder till olika facksalar. Då de tre ingångarna in till facksalar leder vidare till andra lokaler och inte ut till det fria bedöms öppningen mot huvudentrén vara den enda öppning som är öppen vid simulering. Det antas att de utgångar som finns vid huvudentrén är öppna och att frisk luft kan flöda in genom öppningen mot bokhallen.

För att beräkna flödet av brandgaser ut genom brandgasluckorna och tillflödet av luft genom den öppna ingången till bokhallen beräknas hastigheter av flöden vid olika punkter utplacerade i dessa öppningar. Hastigheten över tid i dessa öppningar åskådliggörs i programmet Smokeview genom att göra beräkningar för ett genomskärande plan. Dessa beräkningar för ett genomskärande plan görs även för temperaturen vid flammen och siktbarheten i lokalen. Sikten beräknas dels genom att använda ett genomskärande plan för mätning men också genom att placera ut linjerökdetektorer på ett 10 meter långt avstånd. Detta avstånd ska inte understigas enligt definierade kritiska förhållanden. Sikten beräknas på cirka två meters höjd från golvnivå. Två meter anses utgöra en konservativ men inte orimlig höjd för utrymmande personers siktbehov.

Den kritiska strålningen i bokhallen uppskattas med dels punktberäkningar i luften av en strålningsvektor och dels genom att använda beräkna strålningen mot golvet över tid. Brandgaslagrets höjd kan uppskattas genom åskådliggöring i programmet Smokeview (planberäkningar av sikt och grafik för soot mass fraction). Höjden kan även uppskattas med temperaturberäkningar, dessa görs vid de sex placeringarna på totalt 45 olika höjdnivåer.

Även i denna simulering används RAMP-funktionen i FDS för att efterlikna den önskade effektutvecklingskurvan. Förenklingen görs att rummet består av tre stycken brännare. Dessa är bokhyllan där branden startar, 5 stycken bokvagnar framför bokhyllan till vilka branden sprider sig på grund av strålning, och slutligen 4 stycken bänkar, se figur 40.

Först beräknas den effekt med vilka de tre olika föremålen kommer brinna. För bokvagnarna används areaskalningen från försöken som beskrivs i scenariobeskrivningen, det vill säga att en bokhylla brinner med 240 kW per kvadratmeter framsida bokhylla. Arealen på bokvagnarnas framsidor uppskattas till 1,1 m² vardera. Detta ger en maximal effekt för de fem bokvagnarna på $1,1 \cdot 5 \cdot 240 = 1320$ kW. För bänkarna används informationen om att varje sittplats brinner med cirka 100 kW (Särdqvist, 1993) och utifrån bilder från platsbesöket uppskattas det finnas 30 stycken platser sammanlagt på bänkarna. Detta ger en maximal effekt för bänkarna på $100 \cdot 30 = 3000$ kW.

Slutligen beräknas den area med vilken bokhyllan längs väggen brinner för att önskad effekt ska uppnås. För scenariot ska den maximala effekten vara 9000 kW, detta innebär att bokhyllan måste brinna med en effekt på $9000 - 1320 - 3000 = 4680$ kW. Bokhyllan är 2,2 meter hög, brinner med en effekt på 240 kW per area framsida. Detta resulterar i att $4680 / (240 \cdot 2,2) = 8,9$ meter av bokhyllans längd kommer behöva brinna.

De olika tidpunkterna då branden sprider sig beräknas med hjälp av den at^2 -kurva som framtagits under scenariobeskrivningen för branden i bokhallen. at^2 -kurvan följer enligt scenariobeskrivningen $\dot{Q} = (9000/9000^2)t^2$. Genom att sätta effekten till 4680 kW och $4680+1320=6000$ kW, och lösa ut tiderna fås tidpunkterna då branden sprids. Dessa beräknas till 650 sekunder och 730 sekunder.

Vad som görs i FDS är alltså att inledningsvis antas endast bokhyllan brinna. Fram till och med tiden 650 sekunder ökar effekten med hjälp av RAMP-funktionen var tionde sekund för att efterlikna den önskade at^2 -kurvan, varefter effekten hålls konstant på 4680 kW. Därefter antänds bokvagnarna. Effektbidraget från dessa byggs på samma sätt upp för att fortsätta följa den önskade effektutvecklingskurvan. Efter 730 sekunder behålls även bokvagnarnas effekt konstant på 1320 kW varefter bänkarnas bidrag ser till att den totala effektutvecklingskurvan fortsätter som önskat.

Facksal 1

Det finns två ingångar till facksalen, den ena leder till facksal 2 och den andra är utrymningsväg 12 som leder ut till det fria. Då dörren mellan facksal 1 och 2 inte utgör en brandcellgräns beskrivs denna dörr som öppen vid simuleringen. Då funktionen VENT med parametern OPEN används i FDS utanför denna dörr innebär detta att brandgaser kan flöda in och ut ur volymen. Det anses rimligt att det sker ett tillflöde av luft till facksalen och detta tillflöde antas i simuleringen komma genom denna dörr. Det antas att dörren för utrymning som finns i facksalen endast är öppen i ett tidigt skede i brandförloppet då personer utrymmer och denna dörr beskrivs som stängd vid simuleringen. I facksalen finns ett antal fönster placerade cirka fyra meter upp. Då information saknas om huruvida dessa fönster kommer att gå sönder eller inte vid brandpåverkan bortses dessa ifrån vid simuleringen.

Material för väggar, tak och golv i facksalen beskrivs med materialegenskaper som gäller för lättbetong i FDS.

Temperaturberäkningar görs för att beräkna tid till kritisk temperatur. Då temperaturen är betydligt högre i brandgaslagret kan även brandgaslagrets höjd uppskattas med hjälp av temperaturberäkningar. Temperaturen beräknas vid 34 höjder vid varje beräkningsplacering i rummet. Den kritiska strålningen i facksalen uppskattas genom att placera mätpunkter i luften som beräknar den inkommande strålningen i en riktning en punkt från en riktningvektor. Strålningen över tid beräknas även mot

väggen som går längs utmed utrymningsvägen ut mot det fria. För att beräkna de definierade kritiska förhållanden gällande toxicitethalten görs beräkningar vid simuleringen för halter av kolmonoxid, koldioxid och syre för de olika placeringarna i rummet.

För att beräkna siktnedsättningen i facksalen används en linjerökdetektor i FDS som mäter sikten över 10 meter. För att beräkna sikten över tid görs beräkningar över hur sikten varierar vid väg mot utrymning för ett genomskärande plan. Beräkningar för ett genomskärande plan används även för att uppskatta strömningshastighet för flödet av tilluft från facksal 2 genom ingången till facksal 1. Temperaturen för ett genomskärande plan beräknas kontinuerligt vid flammen för att bedöma hur väl branden representeras i FDS vid beaktande av storleken på rutnätet.

På samma sätt som i tidigare simulering används funktionen RAMP i FDS för att efterlikna den önskade effektutvecklingskurvan. Rummet byggs upp med hjälp av tre olika brännare för att få representativ inblandning av luft. Första delen som antänds är bokhyllan intill ingången. Därefter antänds de två mindre bokhyllorna framför den första och till sist antänds en del av bokhyllan längs andra väggen, se figur 49. Tiden till antändning uppskattas med hjälp av att först beräkna med vilken maxeffekt de olika sektionerna kommer brinna med. Detta gör med hjälp av areaskalning. Utifrån försöket som beskrivs i scenariobeskrivningen brinner dessa bokhyllor med uppskattningsvis 240 kW per kvadratmeter framsida av bokhyllan. Det vill säga den maximala effekten från försöket divideras med ytan som bokhyllans framsida täcker.

Den första bokhyllan har en framsida med arean $11,2 \text{ m}^2$ vilket ger en maximal effekt efter areaskalning på 2685 kW. De två mindre bokhyllorna har två framsidor vardera på en sammanlagd area på 18 m^2 vilket ger en maximal effekt efter areaskalning på 4219 kW. Hur stor del av den sista bokhyllan som ska brinna avgörs nu av den resterande effekten upp till scenariots maxeffekt på 9,9 MW. Denna del ska brinna med en effekt på $9900 - 2685 - 4219 = 3006 \text{ kW}$. Areaskalningen med arean som okänd ger att 13 m^2 behöver brinna för att denna effekt ska uppnås. Då bokhyllan har en höjd på 2,2 meter ger det en längd på $13/2,2 = 5,7 \text{ m}$.

Den önskade αt^2 -kurvan ritas sedan upp med 10-sekunders steg. Den första bokhyllan byggs upp med hjälp av RAMP-funktionen enligt kurvan upp till och med den effekt som ligger närmast 2685 kW, varefter dess effekt hålls konstant. Efter detta antänds de två mindre bokhyllorna och följer αt^2 -kurvan upp till en effekt kring $2685 + 4219 = 6904 \text{ kW}$ varefter denna hålls konstant och slutligen antänds den sista bokhyllan och fortsätter enligt αt^2 -kurvan upp till 9900 kW.

Bilaga F. Sikt

Sikten beräknas med hjälp av utdata som fås från linjerökdetektorerna. Den utdata som fås är ljusdämpningen i procent över en viss sträcka. Siktsträckan fås fram genom formlerna:

$$-\frac{1}{L} * \ln\left(1 - \frac{\text{Ljusdämpning}}{100}\right) = D_L$$

$$\frac{C}{D_L} = \text{Sikt}$$

L är den längd över vilken linjedetektorn mäter, D_L är optiskt djup och C en konstant som är 8 för ett genomlyst föremål eller 3 för ett icke genomlyst.

Indata till formlerna ser ut som följande för scenarierna:

Tabell F1. Indata som används för beräkning av sikt i FDS.

	Ljusdämpning	L	DL	C
Barnavdelning	99.98	10	0.86	8
Facksal	99.97	10	0.8	8
Bokhall301				8

Bilaga G. Strålningsberäkningar

FDS strålningsmodell är undermålig och kanske inte ger ett rättvisande resultat. För att kontrollera att utrymning kan ske på ett säkert sätt har handberäkningar utförts. Tiden till att alla utrymningsvägar blir blockerade på grund av strålning kan uppskattas till den tid då strålningen är 10 kW/m^2 i den utrymningsväg längst ifrån branden. Återstrålning från brandgaslagret bortses ifrån vilket kan motiveras med den stora volymen och höga takhöjden som finns i Bokhall 301 och facksal 1.

Strålningskällan eller flammans uppskattas till en rektangel med en konstant höjd på 4 meter. 4 meter är ungefär den dubbla höjden av en bokhylla och får således antas vara en konservativ förenkling av problemet. Flammans bredd ökar allt eftersom branden propagerar, ju bredare flammen blir desto mer strålning kommer träffa vår utrymningsväg. Emissiviteten och temperaturen för flammen sätts till 0,9 respektive 1200 K.

För att göra en approximativ men konservativ beräkning för att utesluta strålningsinverkan antas utrymningsvägen vara placerad vinkelrätt, centrerat mot flammen.

Den totala strålningen beräknas med ekvation G1 nedan:

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (\text{G1})$$

Där:

ε	Emissiviteten [-]
σ	Stefan-Boltzmann konstant $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ [W/(m}^2\text{K}^4\text{)]}$
T	Temperaturen [K]

För att beräkna strålningen i en punkt från en viss platta så måste hänsyn tas till synfaktorn ϕ . Detta görs enligt ekvation G2 nedan:

$$E_{\text{punkt}} = \phi \varepsilon \sigma T^4 \quad (\text{G2})$$

Synfaktorn beror på som namnet antyder, hur mycket punkten ”ser” av plattan. Detta beror av avståndet från plattan till punkten och hur punkten är belägen i förhållanden till plattans mittpunkt. Om punkten befinner sig parallellt med mittpunkten är strålning som intensivast och därför antas punkten alltid befinna sig där.

För beräkning av synfaktorn ϕ för en punkt vinkelrätt mitt emot flammen utförs följande beräkning. Först definieras variablerna α och S enligt ekvationerna G3 och G4 nedan:

$$S = z/x \quad (\text{G3})$$

$$\alpha = \frac{x \cdot z}{y^2} \quad (\text{G4})$$

Där:

z	Halva flammans kortsida [m] ($\frac{4}{2} = 2 \text{ m}$)
x	Halva flammans långsida [m]
y	Avståndet mellan flammans mittpunkt och borte utrymningsvägen [m]

Därefter beräknas den totala synfaktorn ϕ med hjälp av ekvation G5 nedan.

$$\phi = 4 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\sqrt{\frac{\alpha \cdot S}{1 + \alpha \cdot S}} \cdot \tan^{-1} \sqrt{\frac{\alpha/S}{1 + \alpha \cdot S}} + \sqrt{\frac{\alpha/S}{1 + \alpha \cdot S}} \cdot \tan^{-1} \sqrt{\frac{\alpha \cdot S}{1 + \alpha \cdot S}} \right) \quad (G5)$$

(McGuire, 1952)

För att undersöka huruvida strålningen hinner uppnå skadlig intensitet söks flammans bredd då strålningen mot den bortersta utrymningsvägen uppnår 10 kW/m^2 . Den maximala synfaktorn beräknas utifrån ekvation G2 där E_{punkt} sätts till 10 kW/m^2 . Sedan utförs iterering tills den maximala bredden för flammen uppnås. Följande värden insätts i ekvationerna ovan, och bredden x utlöses.

Tabell G1. Värden som anges vid beräkning av flammans bredd.

Scenario	ϕ_{max} [-]	y [m]	x_{max} [m]
Bokhall 301	$9,5 \cdot 10^{-5}$	14	8
Facksal 1	$9,5 \cdot 10^{-5}$	4	1,2

Detta innebär att flammen i bokhallen som högst kan uppnå en bredd på 16 meter innan utrymning inte längre är möjlig, medan flammen i facksalen inte får överstiga en bredd på 2,4 meter.

För att uppskatta tiden till när detta inträffar används informationen från försöket utfört på en fristående bokhylla, se bilaga C för mer info. Bredden på denna bokhylla uppskattas till 1 meter. Efter 5 minuter antas hela bokhyllan brinna, och branden har alltså då spridit sig 0,5 meter åt varje håll. Detta ger en flamspridningshastighet på $0,5/5 = 0,1 \text{ m/min}$. För att skapa en uppfattning om tiden tills kritisk strålning uppnås används denna hastighet för en approximativ flamspridningsberäkning.

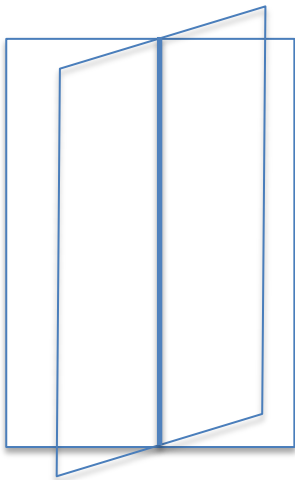
För bokhallen ska branden spridits 8 meter åt vardera håll. Detta sker enligt flamspridningshastigheten ovan efter $8/0,1 = 80$ minuter. Detta anses inte orsaka några problem. Dels kommer folk ha hunnit utrymma fram tills denna tid, men ursprungsbranden kommer även hinna slockna all eftersom varför skadlig strålningsnivå på detta avstånd aldrig antas uppnås.

För facksalen ska flammen spridit sig 2 meter åt vardera håll. Enligt motsvarande beräkning kommer detta ske efter $1,2/0,1 = 12$ minuter. Detta utgör inte heller några problem ur utrymningsynpunkt då utrymning av hela byggnaden aldrig överskrider detta, se avsnitt 7.5.

Bilaga H. Brandgasventilation

Nedan beskrivs beräkningsgången för kontrollberäkning av brandgasventilation.

Bokhall 301 är utrustad med brandgasventilation som aktiveras från brandcentralen. Syftet med detta är att ventileras ut brandgaser och på så sätt förlänga tiden det tar för brandgaslagret att nå kritisk höjd. Ofta dimensioneras brandgasventilationen utifrån en kritisk höjd som brandgaslagret inte får understiga. Detta kan exempelvis vara höjden till ett frånluftsdon utan brandspjäll där brandgaser kan spridas till andra lokaler, eller höjden som krävs för säker utrymning. Brandgasluckorna sitter placerade i två grupper med vardera tre fönster, se figur H1 nedan.



Figur H1. Brandgasluckornas utformning.

Dessa fönster öppnas med hjälp av en motor efter aktivering från brandcentralen och roteras då kring varsin i fönstret centrerad vertikal axel, se figur H1. Öppningen som bildas är cirka 30 centimeter på vardera sida av fönstret (Lindberg, 2014). Fönstren är cirka 1,5 meter höga. Detta resulterar i en befintlig öppningsarea på $0,3 \cdot 1,5 \cdot 2 = 0,9 \text{ m}^2$ per fönster och på $0,9 \cdot 3 \cdot 2 = 5,4 \text{ m}^2$ totalt i lokalen.

Gällande tilluften sker detta via utrymningsvägarna som leder ut till det fria. I fallet för bokhallen är endast utrymningsvägen via entréhallen aktuell som tilluft. Alla övriga utrymningsvägar blockeras av brandcellsgränser med krav på täthet varför någon tilluft inte kan flöda via dessa. Utrymningsvägen i huvudentrén består av tre dörrar med höjd på 2 meter. En öppning går via snurrdörren och har en bredd på 0,8 meter, de övriga två öppningarna är placerade på båda sidorna av snurrdörren och har en bredd på 1 meter vardera.

Beräkningsgången för dimensionering av brandgasventilation följer principen att ett jämviktsläge för lokalen söks. Detta uppstår på en specifik höjd på brandgaslagret då massflödet in i brandgaslagret via plymen är lika stort som massflödet ut via brandgasluckorna samt massflödet friskluft in i lokalen under brandgaslagret. Varma brandgaser leds in i brandgaslagret via plymen. Brandgaslagret antas ha en konstant temperatur. På grund av skillnad i densitet gentemot den omgivande luften skapas en tryckskillnad vilken pressar brandgaserna ut genom brandgasluckorna. För att uppnå stationära förhållanden, det vill säga ett brandgaslager som inte sjunker krävs att massflödet in i brandgaslagret är lika stort som massflödet ut genom brandgasluckorna. Även massflödet av friskluft in i de lägre öppningarna måste vara lika stor, vilket ställer krav på arean hos öppningarna för tilluften.

För kontrollberäkning av brandgasventilation definieras först en kritisk höjd för brandgaslagret. Detta är höjden z som mäts från golvet till nivån där brandgaslagret börjar. Denna kritiska nivå får alltså inte understigas av brandgaslagret. De kritiska höjderna som kommer testas är 2 meter, 5 meter och 8 meter. Dessa höjder motsvarar fri ståhöjd i bokhallen, samt uppe på de två gallerierna vilket krävs för utrymning. Det är även önskvärt att brandgaserna inte sprids vidare genom dörröppningar på de tre planen vilket skulle kunna ske då exempelvis en utrymningsväg ställts upp, dörrstängarna inte fungerar eller tätningarna i dörrarna inte uppnår önskvärt resultat.

Kontrollberäkningen utförs med tre olika plymmodeller. Zukoski, Heskestad och Thomas modeller kommer användas. Detta för att brandens egenskaper förändras under tiden och osäkerheter finns därför kring vilken modell som passar bäst. Exempelvis är det tidiga stadiet av branden bäst beskriven med Zukoski eller Heskestad då arean på branden är liten vilket resulterar i en spetsig plym. I slutet mot brandförloppet är arean på brandbasen så pass stor att Thomas plymmodell är mer representativ, då diametern är större än flamhöjden (Karlsson & Quintiere, 2000).

Resultatet från beräkningarna visar att oavsett area på brandgasluckorna är detta en lösning som inte kommer fungera speciellt bra om ens över huvud taget. Detta dels på grund av den höga takhöjden vilket gör att brandgastemperaturen blir så pass låg i brandgaslagret att lyftkraften och den densitetsskillnad som driver brandgasflödet blir för låg med den effekt som undersökts, 9000 kW. Vad som även bör undersökas noggrannare är möjligheten till tilluft. I beräkningarna antogs att dörrarna vid huvudentré står öppna tack vara folk som passerar dessa vid utrymning, men önskvärt vore att dörrarna ställs upp automatiskt vid aktivering av brandgasventilationen med dörröppnare. Öppningsarean på 5,6 m² kan även anses som något liten i förhållande till den övre öppningsarean då dessa i princip är lika stora.

Massflöde

Massflödet i plymen för de olika höjderna beräknas med de tre plymmodellerna som beskrivs i ekvation H1-H9 nedan. Störst krav ställs det på brandgasventilationen för höga effekter då detta ger större massflöden att hantera. Därför kommer maxeffekten för scenariot på 9000 kW att användas i beräkningarna.

Zukoskis plymmodell:

$$\dot{m}_p = 0,071 \cdot \dot{Q}^{1/3} \cdot z^{5/3} \quad (H1)$$

\dot{m}_p	Massflöde för plym [kg/s]
\dot{Q}	Effekt [kW]
z	Specifik höjd [m]

Heskestads plymmodell:

$$\dot{m}_p = 0,071 \cdot \dot{Q}_c^{1/3} \cdot (z - z_0)^{5/3} + 1,92 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{Q}_c \quad (H2)$$

\dot{m}_p	Massflöde för plym [kg/s]
\dot{Q}_c	Konvektiv del av effekten, 65 % av totala effekten (Karlsson & Quintiere, 2000) [kW]
z	Specifik höjd [m]
z_0	”Virtual origin”, se ekvation I3 nedan

$$z_0 = 0,083 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02 \cdot D \quad (H3)$$

\dot{Q}	Effekt [kW]
D	Flammans diameter [m]

Då brandens bas inte är cirkulär i scenariot kommer antaganden göras för att få fram ett representativt värde på diametern. Den totala golvarean som branden täcker används som utgångspunkt. Diametern beräknas sedan för en cirkulär yta med motsvarande area. Arean som används är den maximala arean

för brandscenariot, det vill säga den då bokhyllan, bokvagnarna, och bänkarna brinner. Arealen summeras till $2,7 + 2,5 + 12,1 = 17,3 \text{ m}^2$.

Detta ger en diameter på $D = 2 \cdot \sqrt{(Area/\pi)} = 2 \cdot \sqrt{(17,3/\pi)} = 4,7 \text{ m}$.

Observera att ekvation H2 endast är giltig då z är större än flamhöjden L . Flamhöjden beräknas enligt $L = 0,235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02 \cdot D = 0,235 \cdot 9000^{2/5} - 1,02 \cdot 4,7 = 4,2 \text{ m}$. För beräkning av massflödet på höjder lägre än flamhöjden används ekvation H4 nedan.

$$\dot{m}_p = 0,0056 \cdot \dot{Q}_c \cdot \frac{z}{L}$$

(H4)

\dot{m}_p	Massflöde för plym [kg/s]
\dot{Q}_c	Konvektiv del av effekten, 65 % av totala effekten (Karlsson & Quintiere, 2000)[kW]
z	Specifik höjd [m]
L	Flamhöjden [m] (se beräkning ovan)

Thomas plymmodell:

$$\dot{m}_p = 0,188 \cdot P \cdot z^{3/2}$$

(H5)

\dot{m}_p	Massflöde för plym [kg/s]
P	Brandkällans omkrets [m]
z	Specifik höjd [m]

Ekvationen har visat sig användbar då flammans höjd är avsevärt lägre än flammans diameter. $0,28 < L/D < 1,44$. Där L är flamhöjd och D är diameter på flammen. Omkretsen P beräknas som $D \cdot \pi$ med samma antagande för diametern som beskrivs ovan.

I tabell H1 nedan presenteras de indataparametrar som används i ekvationerna ovan.

Tabell H1. Angivna värden för indataparametrar för beräkning av arean för brandgasluckorna.

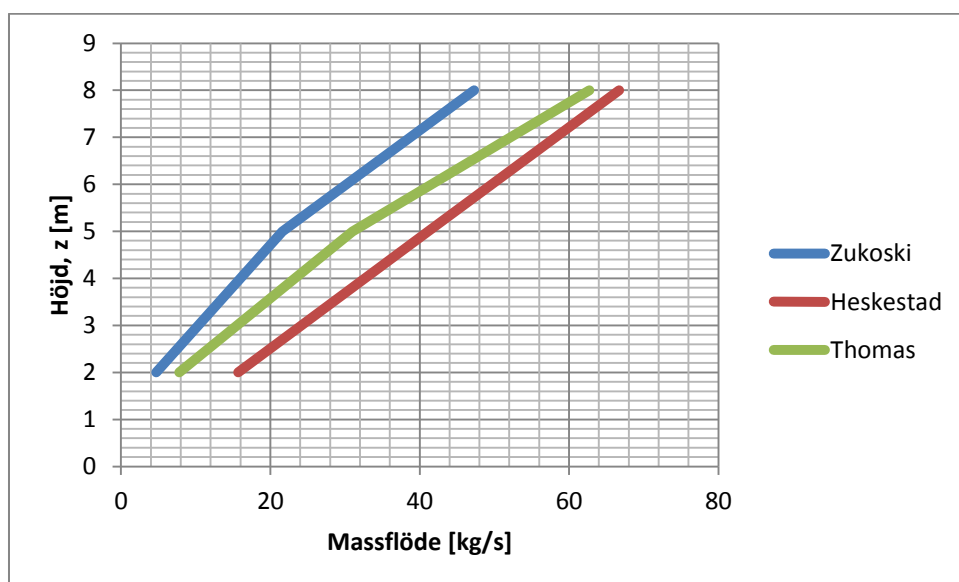
Indataparameter	Värde
\dot{Q} [kW]	9000
Z [m]	2, 5, 8
\dot{Q}_c [kW]	5850
$Area$ [m ²]	17,3
D [m]	4,7
z_0 [m]	-1,6
P [m]	15,7

I tabell H2 nedan presenteras resultatet för massflödena för de tre olika plymmodellerna samt de olika höjderna.

Tabell H2. Resultat för beräkning av massflöde vid användning av olika plymmodeller.

Plymmodell	Höjd, z [m]	Massflöde [kg/s]
Zukoski	2	4,7
	5	21,6
	8	47,3
Heskestad	2 (z < L)	15,7
	5 (z > L)	41,1
	8 (z > L)	66,7
Thomas	2	7,8
	5	31,0
	8	62,7

Figur H2 nedan visar jämförelse mellan de olika massflödena på de givna höjderna.



Figur H2. Jämförelse av användning av olika plymmodeller för beräkning av massflöde vid olika höjder.

Tryckskillnad lägre öppning

Tryckskillnaden över den lägre öppningen beräknas. För detta används ekvation H6 nedan.

$$\Delta P_l = \dot{m} / (2 \cdot \rho_a \cdot (C_d \cdot A_d)^2)$$

(H6)

ΔP_l	Tryckskillnad över den lägre öppningen [Pa]
\dot{m}	Massflöde [kg/s]
ρ_a	Densitet för luft [kg/m ³]
C_d	Flödeskoefficient [-]
A_d	Area för den lägre öppningen [m ²]

Massflödet för de tre olika plymmodellerna och höjderna sätts in i ekvationen. Öppningsarean sätts som den totala arean för utrymningsväg 9 då denna är den enda utrymningsvägen ut i det fria som är i

direkt anslutning till bokhallen utan begränsning av brandcellsgräns. Den totala arean för denna är $2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ m}^2$.

Densiteten för luft sätts till $1,2 \text{ kg/m}^3$ och flödeskoefficienten sätts till 0,6 (Karlsson & Quintiere, 2000).

Detta ger tryckskillnader för de olika flödena enligt tabell H3 nedan.

Tabell H3. Resultat för beräkning av tryckskillnad för olika höjder vid användning av olika plymmodeller.

Plymmodell	Höjden för massflödet [m]	Tryckskillnad [Pa]
Zukoski	2	0,17
	5	0,80
	8	1,74
Heskestad	2	0,58
	5	1,52
	8	2,47
Thomas	2	0,29
	5	1,14
	8	2,31

Brandgaslagrets temperatur och densitet

Gasttemperaturen i brandgaslagret beräknas enligt ekvation H7 nedan.

$$T_g = T_a + \dot{Q} / (\dot{m}'' \cdot c_p + h \cdot A_w) \quad (\text{H7})$$

T_g	Gastemperatur [K]
T_a	Omgivnings temperatur [K]
\dot{Q}	Effekt [kW]
c_p	Specifik värmekapacitet för luft [kJ/(kgK)]
\dot{m}''	Massflöde (för övre öppning) [kg/s]
h	Konvektiv värmeöverföringskoefficient [kW/(m ² K)]
A_w	Area för tak och de delar av väggar som är i kontakt med brandgaslagret [m ²]

Den konvektiva värmeöverföringskoefficienten h är en variabel som beror på väggarnas materialegenskaper samt den tid som betraktas. Ett vanligt antagande är att tiden sätts till 10 minuter. För väggar av betong blir värdet på h då $33 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Karlsson & Quintiere, 2000).

Arean för väggar och tak i kontakt med brandgaserna blir givetvis olika för de tre höjder som beräkningarna utförs på. Diametern på lokalen är 22 meter och höjden är 23 meter. Arean beräknas enligt:

$$A_w = \pi \cdot \left(\frac{22}{2}\right)^2 + \pi \cdot 22 \cdot (23 - z)$$

Där z är höjden på brandgaslagret. Med z -värde på 2 meter, 5 meter och 8 meter fås tre värden för arean på 1832 m^2 , 1624 m^2 och 1417 m^2 .

Densiteten för gasen beräknas sedan enligt:

$$\rho_g = 353/T_g \quad (H8)$$

ρ_g Densitet för gasen [kg/m³]
 T_g Gastemperatur [K]

I tabell H4 nedan presenteras de resulterande temperaturerna och densiteterna.

Tabell H4. Resultat för beräkning av temperatur vid olika höjder och användning av olika plymmodeller.

Plymmodell	Höjd [m]	Temperatur [K]	Densitet [kg/m ³]
Zukoski	2	293,15	1,20
	5	293,17	1,20
	8	293,19	1,20
Heskestad	2	293,15	1,20
	5	293,17	1,20
	8	293,19	1,20
Thomas	2	293,15	1,20
	5	293,17	1,20
	8	293,19	1,20

Erforderlig area brandgasluckor

Den nödvändiga arean för ventilationsluckorna A_E bestäms slutligen med H9 nedan. Massflödet \dot{m}_e är ungefär lika med:

$$\dot{m}_e = C_d \cdot A_E \sqrt{2\rho_g[-\Delta P_l + (\rho_a - \rho_g)g(H_E - z)]} \quad (H9)$$

\dot{m}_e Massflöde för övre öppning [kg/s]
 C_d Flödeskoefficient [-]
 A_E Area för den övre öppningen [m²]
 ρ_g Densitet för gas [kg/m³]
 ΔP_l Tryckskillnad över den lägre öppningen [Pa]
 ρ_a Densitet för luft [kg/m³]
 g Gravitationskonstant [m/s²]
 H_E Brandcellens höjd [m]
 z Höjd till brandgaslagret från golvet [m]

(Karlsson & Quintiere, 2000).

A_E utlöses ur ekvationen och beräknas med de värden som är beskrivna i texten ovan där massflödet genom övre öppningen ska vara lika med massflödet i plymen för de olika höjderna. Flödeskoefficienten sätts även här till 0,6. Gravitationskonstanten sätts till 9,81 m/s².

I tabell H5 nedan presenteras de resulterande öppningsareorna.

Tabell H5. Resultat för beräkning av brandgasluckornas area vid användning av olika plymmodeller.

Plymmodell	Höjd [m]	Area A_E [m²]
Zukoski	2	Lösning saknas
	5	Lösning saknas
	8	Lösning saknas
Heskestad	2	Lösning saknas
	5	Lösning saknas
	8	Lösning saknas
Thomas	2	Lösning saknas
	5	Lösning saknas
	8	Lösning saknas

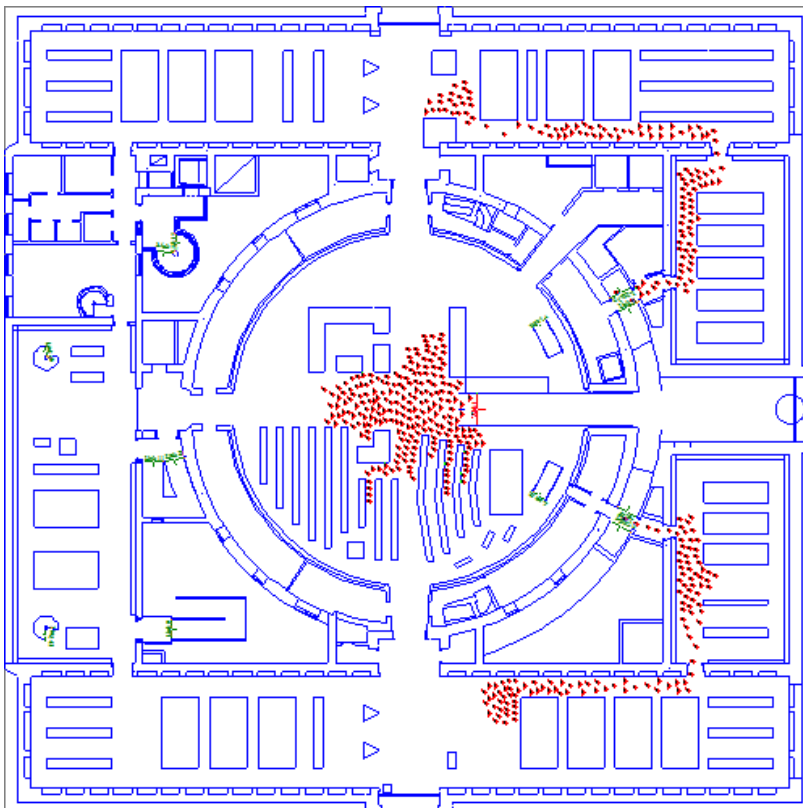
Bilaga I. Beskrivning av utrymningsmodell

Nedan beskrivs indata för simulering i Simulex för de dimensionerande brandscenerierna.

Indata till Simulex

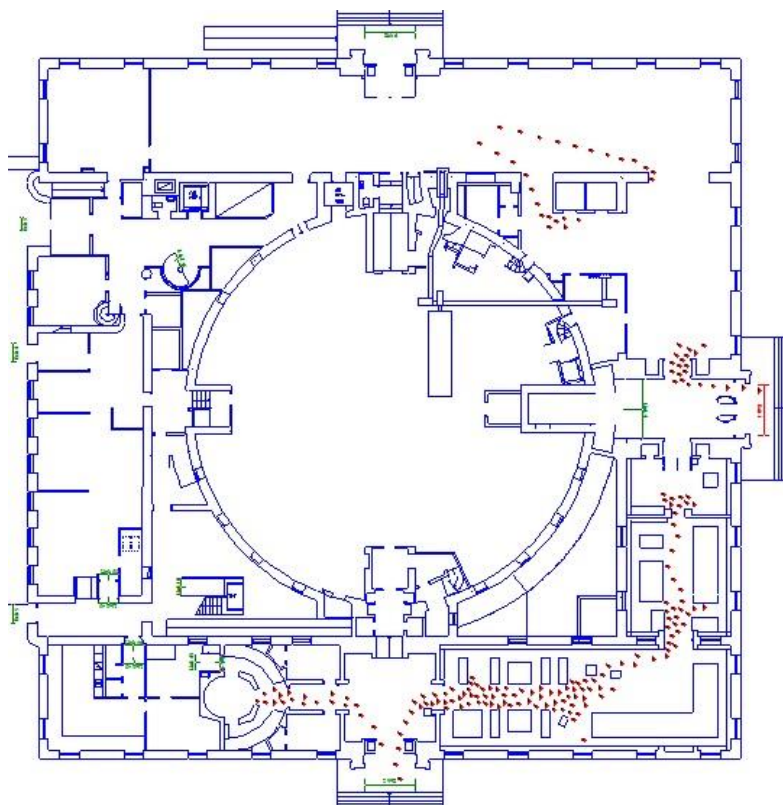
Geometrin för biblioteket byggs upp i Simulex med hjälp av AutoCad-filer. I dessa filer placeras inredning ut som kan hindra eller fördröja utrymning. Detta för att bedöma var en utrymning kan ske och för att ta hänsyn till den extra tid som det tar att passera inredningen. Storlek och placering av inredningen uppskattas från bilder som togs vid besöket. Vid simulering av utrymning utvärderas hur antalet personer, gånghastigheten, storlek på person och val av utrymningsväg påverkar utrymningstiden. Värden för samtliga faktorer väljs med hänsyn till värsta troliga fall. Det vill säga att faktorerna utmanar systemet så mycket som möjligt samtidigt som de är realistiska.

Geometrin och inredningen som anges i Simulex för plan 3 visas i figur II nedan.



Figur II. Geometrin för plan 3 som används vid utrymningssimulering i Simulex.

Geometrin och inredningen som anges i Simulex för plan 2 visas i figur I2 nedan.



Figur I2. Geometrin för plan 2 som används vid utrymningssimulering i Simulex.

Gällande val av utrymningsväg för de utrymmande personerna simuleras olika utrymningsförlopp där olika utrymningsvägar väljs. Vid bedömning av vilka utrymningsvägar som nyttjas vid en utrymning beaktas synliga utrymningsskyltar samt utrymningsvägen som besökarna kom in genom. Det är vanligt att människor väljer att utrymma genom samma ingång som de kom in genom (Sime, 1985).

Vissa utrymningsvägar går att använda från två håll även om det inte är tanken. Exempel på en sådan utrymningsväg är från facksal 2 vidare till bokhall 301. Personer från bokhallen har då möjlighet att utrymma till facksal 2 och personer som befinner sig i facksalen kan utrymma till bokhallen då detta vore troligt om de var den väg de kom in genom. Ett sådant scenario skulle även kunna inträffa vid utrymning från bokhallen till facksal 3 och från bokhallen till facksal 4. Då detta skulle leda till stor förvirring och trängsel om personer försöker gå åt olika håll vid utrymningsvägar kommer inte ett sådant scenario att simuleras men beaktas.

Byggnaden

Då byggnaden utryms sker utrymning från alla plan och utrymmande personer från olika våningsplan kommer således att mötas vid gemensamma utrymningsvägar för de olika planen. De personer som befinner sig på källarplan, plan 6 och plan 7 bortses från vid simulering av utrymningsförloppen. Vid simuleringarna förutsätts inga personer befinna sig på plan 7. På källarplan vistas 10-15 personer vid guide turer. Dessa personer antas kunna ta sig snabbt ut till det fria med hjälp från personal som hela tiden befinner sig hos besökarna. På plan 6 är det troligt att det vistas personal vid en brand, dock antas personalen ha en god lokalkännedom och kan således generellt utrymma snabbare jämfört med besökare. Det är även troligt att personalen använder sig av utrymningsvägar som nyttjas mindre av besökare och på så vis inte bidrar till en ökad köbildning vid de allmänna utrymningsvägarna. Det är också troligt att personal påskyndar utrymningen genom att fördela antalet besökare jämnare över de olika utrymningsvägarna. Vidare tas inte källarplan, plan 6 och plan 7 hänsyn till vid simuleringarna.

Övrig indata

En av utrymningsvägarna som används vid utrymningsförloppet är via en spiraltrappa. En förenkling som gjorts vid simuleringarna är att denna trappa beskrivs som en rak trappa. Vid framtagande av gångsträcka för trapporna används en horisontell längd som mäts på CAD ritningarna samt en höjd som uppskattas utifrån bilder och uppmätta höjder som samlas in vid besöket. Höjden och den horisontella längden används sedan för att beräkna hypotenusan i Pytagoras sats som utgör gångsträckan. För trappor som är något böjda används den längd som utgörs av yttervarvet av trappan. Gångsträckan för en spiraltrappa tas fram genom att räkna på en radie med 0,2 meter från ytterradien, vilket är en vanlig gångradie för spiraltrappor (IES, 2009). Radien används för att beräkna omkretsen som sedan multipliceras med uppskattat antal varv för att få den horisontella längden.

Utrymmande personer som beskrivs i Simulex kan endast passera utrymmen som är större än 0,55 meter. För att dessa personer inte ska fastna i utrymmen som är mindre än 0,55 meter i programmet blockeras dessa utrymmen. I verkligheten finns det en chans att en del personer kan passera dessa utrymmen och då välja en något kortare väg. För det dimensionerande personantalet i byggnaden finns ett antal krav på åtgärder som beaktats. En av dessa åtgärder som vidtogs var att roterdörren i huvudentrén skall fungera vid utrymning och således kommer denna dörr att tas hänsyn till vid simuleringarna. Bredden för dörröppningen för denna utrymningsväg uppskattas till 0,8 meter, vilket anges vid simuleringen. Bredden för övriga dörröppningar som beskrivs i simuleringen anges utifrån mätningar som gjorts för dessa vid studiebesöket.

Bilaga J. Indata FDS

Nedan visas utdrag från indatafiler som används vid simulering av brandförlopp i FDS.

Sagorum

Utdrag från den indatafil som används vid simulering av brandförlopp i sagorummet visas nedan.

Generella inställningar:

```
-----User Section (not generated by PyroSim)-----
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE.,
XB=3.7000000E000,3.7000000E000,1.0000000E000,6.4000000E000,0.0000000E000,2.8000000E00
0/
&SLCF QUANTITY='U-VELOCITY', VECTOR=.TRUE.,
XB=6.2000000E000,6.2000000E000,4.6000000E000,2.7000000E000,0.0000000E000,2.8000000E00
0/
```

```
-----PyroSim-generated Section-----
```

```
&HEAD CHID='Barnavdelningen_(7)', TITLE='BarnavdelningFDS'/
&TIME T_END=900.0/
&DUMP RENDER_FILE='Barnavdelningen_(7).ge1', DT_RESTART=300.0/
&MISC TMPA=25.0, SURF_DEFAULT='wall'/
```

```
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', VECTOR=.TRUE., PBX=3.7/
&BNDF QUANTITY='RADIOMETER' /
```

```
&MESH ID='Mesh', IJK=180,108,36, XB=0.0,16.5,0.0,9.6,0.0,3.3/
&MESH ID='MESH-d', IJK=24,32,36, XB=12.0083,14.2083,6.75556,9.6,3.3,6.6/
```

```
&REAC ID='WOOD',
  C=6.0,
  H=12.0,
  O=6.0,
  N=0.0,
  IDEAL=.TRUE.,
  HEAT_OF_COMBUSTION=1.95E4,
  SOOT_YIELD=0.015,
  CO_YIELD=0.005/
```

Exempel på mätpunkter:

```
&PROP ID='Cleary Ionization I2',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ALPHA_E=1.8,
  BETA_E=-1.1,
  ALPHA_C=1.0,
  BETA_C=-0.8/
&DEVC ID='Smoke1', PROP_ID='Cleary Ionization I2', XYZ=0.783,3.64,2.7/
&DEVC ID='Tdoor11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.5,6.7,0.2/
&DEVC ID='yGAS Radi Heat Flux1', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS',
XYZ=1.625,6.695,0.4, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='FED1', QUANTITY='FED', XYZ=2.164,3.926,0.4/
&DEVC ID='Kolmonoxid11', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='carbon monoxide',
XYZ=2.345,3.845,0.4/
&DEVC ID='O11', SPEC_ID='oxygen', QUANTITY='VOLUME FRACTION',
XYZ=2.345,3.845,0.4/
&DEVC ID='Koldioxid11', QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='carbon dioxide',
XYZ=2.29167,2.84444,0.4/
```

&DEVC ID='beam1', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.18,10.18,3.7,3.7,2.0,2.0,
SETPOINT=0.33/
&DEVC ID='Thermocouplesmokedek', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=0.783,3.64,2.7/

Ytor och material:

&MATL ID='Betong',
SPECIFIC_HEAT=1.0,
CONDUCTIVITY=0.15,
DENSITY=500.0/
&SURF ID='wall',
RGB=200,200,200,
MATL_ID(1,1)='Betong',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.3/
&SURF ID='Sawtooth',
RGB=146,202,166,
MATL_ID(1,1)='Betong',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.3/
&SURF ID='Golv',
RGB=60,79,153,
MATL_ID(1,1)='Betong',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.3/

Brännare och ramp:

&SURF ID='Burner gardin1',
COLOR='RED',
HRRPUA=44.4285,
RAMP_Q='Burner gardin1_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Burner gardin1_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='Burner gardin1_RAMP_Q', T=20.0, F=1.0/
&SURF ID='Burner gardin2',
COLOR='RED',
HRRPUA=22.2143,
RAMP_Q='Burner gardin2_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Burner gardin2_RAMP_Q', T=150.0, F=0.0/
&RAMP ID='Burner gardin2_RAMP_Q', T=160.0, F=1.0/
&SURF ID='Burner b3',
COLOR='RED',
HRRPUA=494.318,
RAMP_Q='rampB3'/
&RAMP ID='rampB3', T=610, F=0 /
&RAMP ID='rampB3', T=620, F=0.030651341 /
&SURF ID='Burner b4',
COLOR='RED',
HRRPUA=423.701,
RAMP_Q='Burner b4_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Burner b4_RAMP_Q', T=180.0, F=0.0/
&RAMP ID='Burner b4_RAMP_Q', T=190.0, F=0.00668756/
&SURF ID='Burner b1',
COLOR='RED',
HRRPUA=423.701,
RAMP_Q='Burner b1_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Burner b1_RAMP_Q', T=20.0, F=0.0/


```

&RAMP ID='Burner b1_RAMP_Q', T=30.0, F=0.00518051/
&SURF ID='Burner b2',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=494.318,
  RAMP_Q='Burner b2_RAMP_Q'/
&RAMP ID='Burner b2_RAMP_Q', T=460.0, F=0.0/
&RAMP ID='Burner b2_RAMP_Q', T=470.0, F=0.0136228/

```

Geometri:

```

&OBST XB=2.10833,2.38333,7.2,7.29,0.09,2.8, SAWTOOTH=.FALSE., BNDF_OBST=.FALSE.,
SURF_ID='Sawtooth'/ Obstruction
&OBST XB=1.285,1.375,0.0,2.31111,0.09,2.8, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='wall'/
Obstruction
&OBST XB=12.1,12.1917,7.11111,9.6,0.81,0.9, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_ID='Golv'/
Obstruction
&OBST XB=3.025,3.3,1.15556,1.42222,0.09,0.18, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_IDS='Burner
b4','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=3.3,3.575,1.42222,1.68889,0.09,0.18, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_IDS='Burner
b4','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=3.575,3.85,1.68889,1.95556,0.09,0.18, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_IDS='Burner
b4','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=3.85,4.125,1.95556,2.22222,0.09,0.18, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_IDS='Burner
b4','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=4.125,4.4,2.22222,2.48889,0.09,0.18, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_IDS='Burner
b4','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=4.4,4.675,2.48889,2.75556,0.09,0.18, BNDF_OBST=.FALSE., SURF_IDS='Burner
b4','INERT','INERT'/ Obstruction
&HOLE XB=16.1083,16.4083,2.84444,4.53333,-0.00916667,2.8/ Hole
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=16.5,16.5,0.0,9.6,0.0,3.3/ Vent

```

Bokhall 301

Utdrag från den indatafil som används vid simulering av brandförlopp i bokhall 301 visas nedan.

Generella inställningar:

```

&HEAD CHID='bokhall'/
&TIME T_END=10.0/
&DUMP RENDER_FILE='bokhall.ge1', DT_RESTART=300.0/
&MESH ID='MESH', IJK=120,120,100, XB=-15.0,15.0,-15.0,15.0,-1.0,24.0/
---TIME---
&TIME T_END=900.0,/
---DEFAULT---
&MISC SURF_DEFAULT='Betong' /
&MISC RADIATION=.TRUE. /
&MISC BNDF_DEFAULT=.FALSE. /
---VENTILATION---
&DEVC ID='TIMER', QUANTITY='TIME', XYZ=-15.0,-15.0,-1.0, SETPOINT=180.0/
--FUEL---
&REAC ID='WOOD'
SOOT_YIELD=0.015
CO_YIELD=0.005
C=6.
H=12.
O=6.
HEAT_OF_COMBUSTION=19500
IDEAL=.TRUE. / soot yield, branz, SFPE HC

```

--OUTPUT--

--slicef--

```
&SLCF XB=0.0, 10.1, 4.5, 4.5, 0.0, 3.0, QUANTITY='TEMPERATURE', /
&SLCF XB=-10.5, 10.5, 0.0, 0.0, 0.0, 3.0, QUANTITY='VISIBILITY', /
&SLCF XB=0.0, 0.0, -10.5, 10.5, 0.0, 3.0, QUANTITY='VISIBILITY', /
&SLCF XB=0.0, 0.0, 0.0, 12.0, 0.0, 3.0, QUANTITY='V-VELOCITY', /
&SLCF XB=0.0, 0.0, -7.0, -14.0, 18.0, 21.0, QUANTITY='V-VELOCITY', /
&SLCF XB=-7.0, -14.0, 0.0, 0.0, 18.0, 21.0, QUANTITY='U-VELOCITY', /
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX' /
```

Exempel på mätpunkter:

---VELOCITY---

```
&DEVC XYZ=0.0,10.5,0.3, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='V11' / DOORWAY
```

--visibility--

```
&DEVC XB=0.0, 10.0, 0.0, 0.0, 2.0, 2.0, QUANTITY='PATH OBSCURATION', ID='OB1',
SETPOINT=0.33 /
```

--DETECTORS--

```
&PROP ID='SMOKE', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=2.8/
```

```
&DEVC ID='S11', PROP_ID='SMOKE', XYZ=0.0, 10.5, 6.0, /
```

--LINJE--

```
&DEVC XB=-12.5, 12.5, 0.0, 0.0, 7.5, 7.5, QUANTITY='PATH OBSCURATION', ID='L1',
SETPOINT=0.33 /
```

--TEMPERATURE--

```
&DEVC ID='T10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=10.5,0.0, 0.5 /
```

--RADIATIVE HEAT FLUX--

```
&DEVC ID='RG11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=10.5,0.0,1,
ORIENTATION=0,1,0,/
```

--carbon monoxide--

```
&DEVC ID='CO11', SPEC_ID='carbon monoxide', QUANTITY='VOLUME FRACTION',
XYZ=10.5,0.0,1.0/
```

--carbon dioxide--

```
&DEVC ID='COO11', SPEC_ID='carbon dioxide', QUANTITY='VOLUME FRACTION',
XYZ=10.5,0.0,1.0/
```

--oxygen--

```
&DEVC ID='O11', SPEC_ID='oxygen', QUANTITY='VOLUME FRACTION', XYZ=10.5,0.0,1.0/
```

Ytor och material:

--MATERIAL--

```
&MATL ID='Betong',
    SPECIFIC_HEAT=1.0,
    CONDUCTIVITY=0.15,
    DENSITY=500.0/
```

```
&SURF ID='Betong',
    COLOR='GRAY 60',
    MATL_ID(1,1)='Betong',
    MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
    THICKNESS(1)=0.15/
```

Brännare och ramp:

&SURF ID='BURNER1',
 COLOR='RED',
 HRRPUA=157.5, RAMP_Q='rampbokhylla' /

&SURF ID='BURNER2',
 COLOR='RED',
 HRRPUA=69.5, RAMP_Q='rampbokvagnar' /

&SURF ID='BURNER3',
 COLOR='RED',
 HRRPUA=247.4, RAMP_Q='rampbankar' /

--RAMP--

&RAMP ID='rampbokhylla', T=	0	, F=	0	/
&RAMP ID='rampbokhylla', T=	10	, F=	0.000236686	/
&RAMP ID='rampbokvagnar', T=	650	, F=	0	/
&RAMP ID='rampbokvagnar', T=	660	, F=	0.104716227	/
&RAMP ID='rampbankar', T=	740	, F=	0	/
&RAMP ID='rampbankar', T=	750	, F=	0.056783537	/

Geometri:

&OBST XB=0.56,1.96,12.88,12.88,4.8875,23.0, RGB=255,84,84, SURF_ID='Betong'/
 AcDbPolyFaceMesh - F3E

&OBST XB=0.56,1.68,10.64,10.92,0.0,2.5875, SURF_ID='Betong'/ Obstruction

&OBST XB=10.0,10.25,2.75,3.5,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=9.75,10.0,3.5,4.25,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=9.5,9.75,4.25,5.0,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=9.25,9.5,5.0,5.25,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=9.0,9.25,5.25,5.5,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=8.75,9.0,5.5,5.75,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=8.5,8.75,5.75,6.0,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=8.25,8.5,6.0,6.25,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=8.0,8.25,6.25,6.5,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.75,8.0,6.5,6.75,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.5,7.75,6.75,7.0,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.25,7.5,7.0,7.25,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=7.0,7.25,7.25,7.5,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=6.75,7.0,7.5,7.75,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

&OBST XB=6.5,6.75,7.75,8.0,0.0,2.2,
 SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction

```

&OBST XB=6.25,6.5,8.0,8.25,0.0,2.2,
SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=6.0,6.25,8.25,8.5,0.0,2.2,
SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=5.75,6.0,8.5,8.75,0.0,2.2,
SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=5.5,5.75,8.75,9.0,0.0,2.2,
SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=7.25,7.75,4.5,5.5,0.0,1.1, SURF_IDS='BURNER2','BURNER2','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=6.5,7.0,5.5,6.5,0.0,1.1, SURF_IDS='BURNER2','BURNER2','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=5.5,6.0,6.5,7.5,0.0,1.1, SURF_IDS='BURNER2','BURNER2','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=8.5,9.0,2.25,3.25,0.0,1.1, SURF_IDS='BURNER2','BURNER2','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=0.5,8.0,2.0,2.5,0.0,0.6, SURF_IDS='BURNER3','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=0.5,7.25,3.5,4.0,0.0,0.6, SURF_IDS='BURNER3','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=0.5,6.0,5.0,5.5,0.0,0.6, SURF_IDS='BURNER3','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=0.5,5.0,6.5,7.0,0.0,0.6, SURF_IDS='BURNER3','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=10.25,10.5,2.0,2.75,0.0,2.2,
SURF_ID6='BURNER1','INERT','BURNER1','INERT','INERT','INERT'/ Obstruction
&OBST XB=-15.0,15.0,-15.0,15.0,-0.25,0.0, SURF_ID='Betong', BDNF_FACE(3)=.TRUE./ GOLV
&OBST XB=-15.0,15.0,-15.0,15.0,23.0,23.25, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Betong'/ TAK
&HOLE XB=-0.88,0.88,13.16,14.0,0.0,2.5/ Hole
&HOLE XB=-0.9,0.9,-14.0,-12.2,18.9288,20.4288, DEVC_ID='TIMER'/ Hole
&HOLE XB=-14.0,-12.2,-0.9,0.9,18.9288,20.4288, DEVC_ID='TIMER'/ Hole
--vents--
&VENT XB=-15.0,-15.0,-15.0,15.0,-1.0,24.0, SURF_ID='OPEN', /
&VENT XB=-15.0,15.0,-15.0,-15.0,-1.0,24.0, SURF_ID='OPEN', /
&VENT XB=15.0,15.0,-15.0,15.0,-1.0,24.0, SURF_ID='OPEN', /
&VENT XB=-15.0,15.0,15.0,15.0,-1.0,24.0, SURF_ID='OPEN', /
&VENT XB=-15.0,15.0,-15.0,15.0,-1.0,-1.0, SURF_ID='OPEN', /
&VENT XB=-15.0,15.0,-15.0,15.0,-24.0,-24.0,SURF_ID='OPEN', /

```

Facksal 1

Utdrag från den indatafil som används vid simulering av brandförlopp i facksal 1 visas nedan.

Generella inställningar:

```
&HEAD CHID='facksal1_01m_mod', TITLE='facksal1-o.1 m grid cells' /
```

```
----mesh----
```

```
&MESH IJK= 80, 144, 80, XB= 0.0, 8.0, 0.0, 14.4, 0.0, 8.0, /
```

```
---TIME---
```

```
&TIME T_END=900.0, /
```

```
---DEFAULT---
```

```
&MISC SURF_DEFAULT='WALL' /
```

```
&MISC RADIATION=.TRUE. /
```

```
&MISC BDNF_DEFAULT=.FALSE. /
```

```
--FUEL---
```

```
&REAC ID='WOOD'
```

```
SOOT_YIELD=0.015
```

```
CO_YIELD=0.005
```

```
C=6.
```

```
H=12.
```

O=6.
 HEAT_OF_COMBUSTION=19500
 IDEAL=.TRUE. / soot yield, branz, SFPE HC --slice--
 &SLCF XB=4.2, 4.2, 1.4, 14.6, 0.4, 7.6, QUANTITY='TEMPERATURE', /
 &SLCF XB=1.9, 1.9, 0.0, 14.2, 0.4, 7.6, QUANTITY='VISIBILITY', /
 &SLCF XB=1.8, 1.8, 0.0, 14.2, 0.4, 7.6, QUANTITY='V-VELOCITY', /
 &BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX' /
 --visibility--
 &DEVC XB=2.3, 2.3, 1.4, 11.4, 2.4, 2.4, QUANTITY='PATH OBSCURATION', ID='OB',
 SETPOINT=0.33 /

Exempel på mätpunkter:

--OUTPUTS--
 --DETECTORS--
 &DEVC XB=4.0, 4.0, 1.4, 14.2, 7.5, 7.5, QUANTITY='PATH OBSCURATION', ID='OBD',
 SETPOINT=0.65 /
 &DEVC XYZ=4.0, 7.8, 7.5, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='TD', /
 --TEMPERATURE--
 &DEVC ID='T10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.85,1.45, 0.6 /
 --RADIATIVE HEAT FLUX--
 &DEVC ID='RG11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=1.85,1.7,0.9,
 ORIENTATION=1,0,0,/
 --carbon monoxide--
 &DEVC ID='CO11', SPEC_ID='carbon monoxide', QUANTITY='VOLUME FRACTION',
 XYZ=1.85,1.7,0.9/
 --carbon dioxide--
 &DEVC ID='COO11', SPEC_ID='carbon dioxide', QUANTITY='VOLUME FRACTION',
 XYZ=1.85,1.7,0.9/
 --oxygen--
 &DEVC ID='O11', SPEC_ID='oxygen', QUANTITY='VOLUME FRACTION', XYZ=1.85,1.7,0.9/

Ytor och material:

--MATERIAL--
 &MATL ID = 'CONCRETE'
 FYI = 'WIKI'
 CONDUCTIVITY = 0.15
 SPECIFIC_HEAT = 1
 DENSITY = 500. /

 &SURF ID = 'WALL'
 RGB = 200, 200, 200,
 MATL_ID = 'CONCRETE',
 THICKNESS = 0.1, /

Brännare och ramp:

&SURF ID='BURNER1', HRRPUA=200., COLOR='RASPBERRY', RAMP_Q='ramp1' /
 &SURF ID='BURNER2', HRRPUA=169., COLOR='RASPBERRY', RAMP_Q='ramp2' /
 &SURF ID='BURNER3', HRRPUA=202., COLOR='RASPBERRY', RAMP_Q='ramp3' /
 &OBST XB= 2.2, 7.3, 1.4, 1.7, 0.4, 2.6, SURF_ID6='BURNER1','INERT','INERT','BURNER1',
 'INERT', 'BURNER1', /
 &OBST XB= 2.2, 6.2, 3.2, 3.8, 0.4, 1.5,
 SURF_ID6='BURNER2','BURNER2','BURNER2','BURNER2', 'INERT', 'BURNER2', /
 &OBST XB= 2.2, 6.2, 5.3, 5.9, 0.4, 1.5,
 SURF_ID6='BURNER2','BURNER2','BURNER2','BURNER2', 'INERT', 'BURNER2', /

&OBST XB= 7.3, 7.6, 1.7, 7.4, 0.4, 2.6, SURF_ID6='BURNER3','INERT','BURNER3','BURNER3',
'INERT', 'BURNER3', /

--RAMP--

&RAMP ID='ramp1', T=0 , F=0.0005 /

&RAMP ID='ramp1', T=10 , F=0.0018 /

&RAMP ID='ramp2', T=469 , F=0 /

&RAMP ID='ramp2', T=470 , F=0.0278 /

&RAMP ID='ramp3', T=749 , F=0 /

&RAMP ID='ramp3', T=750 , F=0.0610 /

Geometri:

--WALLS--

&OBST XB= 0.3, 0.4, 1.3, 14.3, 0.3, 7.7, BDNF_FACE(1)=.TRUE., BDNF_OBST=.TRUE. /

&OBST XB= 7.6, 7.7, 1.3, 14.3, 0.3, 7.7, /

&OBST XB= 0.4, 7.6, 1.3, 1.4, 0.4, 7.6, /

&OBST XB= 0.4, 7.6, 14.2, 14.3, 0.4, 7.6, /

--FLOOR--

&OBST XB= 0.4, 7.6, 1.4, 14.2, 0.3, 0.4, /

--CEILING--

&OBST XB= 0.4, 7.6, 1.4, 14.2, 7.6, 7.7, /

--DOOR--

&HOLE XB= 1.5, 2.2, 1.3, 1.4, 0.4, 2.4, /

--VENTS--

&VENT XB=0.0,0.0,0.0,14.4,0.0,8.0, SURF_ID='OPEN', /

&VENT XB=0.0,8.0,0.0,0.0,0.0,8.0, SURF_ID='OPEN', /

&VENT XB=8.0,8.0,0.0,14.4,0.0,8.0, SURF_ID='OPEN', /

&VENT XB=0.0,8.0,14.4,14.4,0.0,8.0, SURF_ID='OPEN', /

&VENT XB=0.0,8.0,0.0,14.4,8.0,8.0, SURF_ID='OPEN', /

&VENT XB=0.0,8.0,0.0,14.4,0.0,0.0, SURF_ID='OPEN', /

