Rapport 9234

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Brandteknisk riskvärdering av Immanuelskyrkan i Jönköping



Lund 2004

Svante Einarsson
Mattias Jönsson
Fredrik Levinsson
Johan Rönmark

Handledare:
Håkan Frantzich
David Högberg

Brandteknisk riskvärdering av Immanuelskyrkan i Jönköping

Lund 2004

” Ondskan brann som en eld
och förtärde tistel och törne.
Den satte snårskogen i brand
och röken steg mot skyn.”

(Jes. 9:18)

Avdelningen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 Lund
Sweden

Titel / Title
Brandteknisk riskvärdering av Immanuelskyrkan i Jönköping
Fire Safety Evaluation of Immanuelskyrkan in Jönköping

Av / By
Svante Einarsson
Mattias Jönsson
Fredrik Levinsson
Johan Rönmark

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2004
Fire Safety Engineering Program, Lund Institute of Technology, 2004

Abstract
This report is the work of a fire safety evaluation of Immanuelskyrkan in Jönköping. The goal of the report is for the fire protection engineer students at Lund University to exercise problem solving in a small group of people, practice the use of computer models and learn about the Swedish building and fire safety codes. The fire computer model used is CFAST, the egress simulation is made by Simulex and the fire detection computer model is Detact T2. The results from the models are used to draw conclusions about the fire safety of the building using a sensitivity analysis. Finally a number of suggestions have been made to improve the fire safety of the building.

Keywords
Fire safety evaluation, CFAST, Simulex, Immanuelskyrkan, Jönköping, evacuation, church, egress, smoke filling.

© Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2004

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.

Förord

Författarna vill framföra sitt tack till alla som medverkat vid utarbetandet av denna rapport. Ett speciellt tack till Håkan Frantzich, avdelningen för Brandteknik; David Högberg och Göran Melin vid räddningstjänsten i Jönköping; personalen vid Immanuelskyrkan; stadsbyggnadskontoret i Jönköping samt Vincent Ottosson.

Sammanfattning

Immanuelskyrkan är en missionskyrka belägen i västra delen av Jönköpings stad. Fastigheten byggdes på församlingens initiativ och invigdes 1976. Verksamhet såsom gudstjänster, scouting, café, idrott och kör bedrivs regelbundet i kyrkans lokaler.

Byggnaden utgörs av fyra plan som i rapporten benämns övervåning, markplan, övre källarplan och nedre källarplan. Kyrksalen ligger tillsammans med caféet och allrummet i markplan, övervåningen består av scoutlokaler samt konferensrum och de två källarplanen utgörs av scoutförråd, musikrum och idrottshall med tillhörande omklädningsrum. Hela byggnaden är utrustad med detektorer som vid brand aktiverar ett utrymningslarm och ett automatiskt brandlarm kopplat till räddningstjänsten. Det finns även manuellt styrd brandgasventilation i kyrksalen och i ett av trapphusen.

Kyrkan har undersökts med inriktning på personsäkerhet vid utrymning och nuvarande brandskydd har utvärderats analytiskt för att se om den uppfyller dagens krav.

Tre olika brandscenarier har simulerats i programmet CFAST där temperatur, brandgaslagrets höjd samt strålning mot golvet beaktats. Erhållen tid till kritiska förhållanden har jämförts med tid till utrymning från programmet Simulex. Tid till utrymning inkluderar tid för varseblivning, beslut och reaktion samt förflyttning. Slutligen genomfördes en känslighetsanalys där indata för de olika scenarierna varierades och eventuella resultatförändringar iakttogs.

De slutsatser som kan dras från simuleringarna tyder på att kyrksalen har ett godtagbart brandskydd där mötesdeltagare kan utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Dock får ingen utrymningsväg vara blockerad. Den viktigaste åtgärden som kan vidtas är en uppgradering av brandgasluckorna i kyrksalen vilket skulle kunna förlänga tiden till kritiska förhållanden. Kyrkans svagaste punkt är scoutförrådet där enbart en utrymningsväg finns att tillgå. Om denna blockeras vid en brand kan personer bli instängda i förrådet utan tillgång till brandredskap. En brand i kapprummet kan vålla stora problem när utrymmande tvingas vända då kritiska förhållanden uppstår vid huvudingången och kalabalik kan inträffa. Det är av stor vikt att mötesledarna anvisar rätt utrymningsvägar vid eventuell brand för att minska tumult och förvirring. Genomgående står dörrar i fastigheten uppkilade vilket medför att brandcellsgränser förlorar sin funktion och brand- och brandgasspridning till intilliggande lokaler kan ske.

Slutligen anses objektets brandskydd vara acceptabelt och eventuell utrymning bör kunna ske utan större problem. Dock kan flera förbättringar göras som avsevärt höjer personsäkerheten i lokalerna.

Innehållsförteckning

1 Inledning 11
1.1 Bakgrund 11
1.2 Syfte 11
1.3 Målgrupp 11
1.4 Avgränsningar 11
1.5 Metod 12
2 Objektsbeskrivning 12
2.1 Bakgrund 12
2.2 Kyrktorg/Café (markplan) 12
2.3 Kyrksal (markplan) 13
2.4 Allrum (markplan) 13
2.5 Övervåning 14
2.6 Övre källarplan 14
2.7 Nedre källarplan 14
2.8 Ventilation 15
3 Befintligt brandskydd 16
3.1 Byggnadstekniskt brandskydd 16
3.2 Detektion och larm 17
3.3 Utrymningsvägar 18
3.4 Släckutrustning 18
3.5 Systematiskt brandskyddsarbete 19
4 Beskrivning av datormodeller 19
4.1 Metodik 19
4.2 Simulex 19
4.2.1 Programmets arbetssätt 19
4.2.2 Begränsningar 20
4.3 CFAST 20
4.3.1 Programmets arbetssätt 20
4.3.2 Begränsningar 21
4.4 Detact T2 21
4.4.1 Metod & begränsningar 21
5 Utrymningsförloppet 21
5.1 Utrymningens tre faser 21
5.2 Varseblivningstid 22
5.3 Besluts- och reaktionstid 22
5.4 Förflyttningstid 22
6 Kritiska förhållanden 23
6.1 Definition 23
6.2 Temperatur 23
6.3 Strålning 23

6.4 Brandgaslagrets höjd 23
6.5 Sikt 24
6.6 Toxicitet 24
7 Brandscenarier 24
7.1 Val av scenarier 24
7.2 Brand i kapprum 25
7.2.1 Förutsättningar för CFAST 25
7.2.2 Resultat från CFAST 27
7.2.3 Känslighetsanalys 27
7.2.4 Förutsättningar för Simulex 27
7.2.5 Indata och resultat från Simulex 28
7.2.6 Slutsats 31
7.3 Brand i scoutförråd 32
7.3.1 Förutsättningar för CFAST 32
7.3.2 Resultat från CFAST 34
7.3.3 Förutsättningar för Simulex 34
7.3.4 Indata och resultat från Simulex 35
7.3.5 Slutsats 38
7.4 Brand i kyrksal 38
7.4.1 Förutsättningar för CFAST 38
7.4.2 Resultat från CFAST 42
7.4.3 Känslighetsanalys 42
7.4.4 Förutsättningar för Simulex 43
7.4.5 Indata och resultat från Simulex 44
7.4.6 Slutsats 46
7.5 Övriga brandscenarier 48
7.5.1 Bastu 48
7.5.2 Soprum 48
7.5.3 Pentry 48
7.5.4 Trapphus 48
7.5.5 Köket 48
7.5.6 Andaktsrummet 49
7.5.7 Ungdomssamlingslokal 49
8 Sammanfattande värdering av säkerhetsnivån 49
9 Förslag till åtgärder 50
10 Referenslista 53
Bilaga A – Objektsritningar 54
Bilaga B – SBA-utkast 55
Bilaga B – SBA-utkast 56
Bilaga B – SBA-utkast 57
Bilaga B – SBA-utkast 58
Systematiskt brandskyddsarbete för Immanuelskyrkan i Jönköping 58
Policy 58

Ansvar och organisation 58
Utbildning 59
Instruktioner och rutiner 60
Teknisk brandskyddsbeskrivning 62
Drift och underhåll 62
Kontroll och uppföljning 62
Bilagor 62
Bilaga C – Indata CFAST-simuleringar 63
C.1 Brand i kapprum 63
C.2 Brand i scoutförråd 64
C.2 Brand i scoutförråd 65
C.3 Brand i kyrksal 66
C.3 Brand i kyrksal 67
Bilaga D – Resultatdiagram för CFAST 69
D.1 Brand i kapprum 69
D.2 Brand i scoutförråd 72
D.3 Brand i kyrksal 73
Bilaga E – Strålningsberäkningar för kyrksalsbranden 75
Bilaga F – Indata och resultat från Detact T2 77

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport redovisar resultatet av kursen Brandteknisk riskvärdering som under tredje året ges vid Brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet under kursens gång har genomförts som ett problembaserat grupparbete i grupper om tre till fyra personer. Detta innebär att huvuddelen av arbetet planerats och utförts av studenterna själva med stöd och råd från handledare. Grupperna har tilldelats ett objekt att utvärdera och har till sin hjälp haft en handledare från Brandteknik och en handledare från den lokala räddningstjänsten. Arbetet har utförts under höstterminen 2004 och redovisas dels i denna rapport samt muntligen under ett seminarium i december 2004. Objektet som undersökts är Immanuelskyrkan i Jönköping. Handledare har varit Håkan Frantzich vid Brandteknik LTH samt David Högberg vid räddningstjänsten i Jönköping.

1.2 Syfte

Rapportens syfte är att göra en brandteknisk riskvärdering för Immanuelskyrkan i Jönköping. Rapporten inriktar sig främst på personskydd där personal och besökares möjligheter till säker utrymning vid brand undersöks. Bedömningen genomförs med hjälp av bland annat resultat från datorsimuleringar. I den mån det bedöms nödvändigt ska förbättringar av det nuvarande brandskyddet föreslås. Arbetet syftar även till att få en djupare förståelse för hur brandingenjörer arbetar. Detta innefattar exempelvis människors beteende vid brand/utrymning, användandet av datormodeller och problematik vid dimensionering av ett säkert brandskydd.

1.3 Målgrupp

Denna rapport riktar sig till brandingenjörsstudenter vid LTH samt verksamhetsansvarige och fastighetsägare vid Immanuelskyrkan.

1.4 Avgränsningar

Då syftet med rapporten är att göra en bedömning av utrymningssäkerheten tas ingen hänsyn till byggnadsskydd samt egendomsskydd. Eftersom objektet byggdes innan dagens byggregler togs i bruk kommer ingen bedömning enligt detaljreglerna i Boverkets byggregler (2002) göras. Tiden efter det att alla människor utrymt innefattas heller inte av rapporten. Detta innebär att exempelvis byggnadens bärförmåga, räddningstjänstens agerande, brandspridning till intilliggande objekt och skador på kyrkan inte har beaktats.

1.5 Metod

Arbetet inleddes med ett studiebesök på objektet tillsammans med handledarna. Målet med besöket var att få en uppfattning om lokalens geometri, brandbelastning, nuvarande brandskydd och verksamhet. Med hjälp av denna information kunde lämpliga dimensionerande bränder bedömas som sedan låg till grund för resten av arbetet. Det fortsatta arbetet genomfördes med hjälp av handberäkningar, datorsimuleringar (i CFAST, Simulex och Detact T2) och litteraturstudier samtidigt som en diskussion fördes inom gruppen och tillsammans med handledarna. För de dimensionerande bränderna beräknades ett troligt brandförlopp som låg till grund för bedömning av tid till kritiska förhållanden. Tiden jämfördes med datorsimuleringar av utrymningstiden för att kontrollera personsäkerheten vid utrymning.

2 Objektsbeskrivning

2.1 Bakgrund

Immanuelskyrkan, Oxtorgsgatan 15 i Jönköping, byggdes 1975 och invigdes året därpå. Församlingen tillhör Svenska Missionskyrkan. Kyrkan består av fyra plan, där två av dem är belägna under mark (se ritningar, bilaga A) och maximalt antal personer som samtidigt får vistas i kyrkan är 870 (se bilaga B). Det är huvudsakligen en träbyggnad med laserad träfasad och de flesta innerväggar består av gips med träinslag.

Kyrkan bedriver regelbunden verksamhet under hela veckan såsom scouting, idrott, café, kör, andakt, ungdomssamling och gudstjänst. Människor i alla åldrar med varierande lokalkännedom besöker regelbundet objektet. För att öka läsarens lokalkännedom har översiktsfoton numrerats och märkts ut på ritningarna. Denna numrering gäller inte detaljfoton.

2.2 Kyrktorg/Café (markplan)

Direkt innanför kyrkans huvudingång i markplan ligger kyrktorget med tillhörande kapprum, toaletter och café. Väggarna och taket består huvudsakligen av gips med inslag av obehandlat trä och golvet av stenplattor. I anslutning till caféet ligger ett kök där kyrkkaffe och mindre måltider tillagas. Utanför cafédisken finns cirka 50 sittplatser vid små runda vitlackerade stålbord med stålstolar. En soffgrupp och två runda träbord med tillhörande stolar finns också tillgängliga. Hela kyrktorget är byggt i en öppen planlösning och har god överblickbarhet. En hiss och två trapphus, varav det nedre är öppet, förbinder kyrktorget med resten av byggnaden. I anslutning ligger fyra kontor och ett andaktsrum.



Utsikt över kyrktorg och café (foto 1 på ritning)

2.3 Kyrksal (markplan)

Kyrksalen är objektets största rum och är beläget i markplan. Den maximala takhöjden är cirka 10 meter, den minsta cirka 6 meter och den genomsnittliga takhöjden bedöms till cirka 8,5 meter. Tak och väggar består av obehandlat trä och golvet av stenplattor. Kyrkbänkarna i trä står vinklade mot altaret, predikstol och dopgrav. Enligt tidigare dimensionering är det maximala personantalet satt till 600 (se bilaga B).





Foton över kyrksal (2 och 3)

2.4 Allrum (markplan)

Denna lokal gränsar till kyrktorget och används till bland annat kyrkkaffet efter guds-tjänsterna. Lokalen är dimensionerad för maximalt 400 personer. Väggarnas ytskikt består av målad väv, golvet av linoleummatta och rummet är möblerat med soffor, bord och stolar.



Allrummet på bottenvåningen (4)

2.5 Övervåning

Ovan allrummet ligger byggnadens högsta plan som inrymmer hobbyrum, scoutrum, pentry, studierum och konferensrum. En loftgång löper utanför rummen i samma brandcell som kyrkans cafédel och förbinder de två trapphusen. Planet förbinds med bottenvåningen genom de två trapphusen och hissen. I storstugan finns en öppen spis, 6 soffor och ett biljardbord. Planet är dimensionerat till maximalt 360 personer.

2.6 Övre källarplan

Detta plan ligger en trappa ned under marknivå och består av musikrum, två omklädningsrum med bastu, servicekulvert samt läktare mot idrottshall. I servicekulverten finns fläkt-, tele-, el- och VVS-rum samt förråd. Förrådet nyttjas av samtliga kyrkans verksamheter, främst scoutverksamheten, till förvaring av stora mängder materiel.

2.7 Nedre källarplan

Våningen längst ned består av idrottshallen, bollförråd samt trapphusen och hiss. Idrottshallen tillsammans med musikrummet har ett tillåtet maximalt personantal på 360.



Servicekulvert (5)

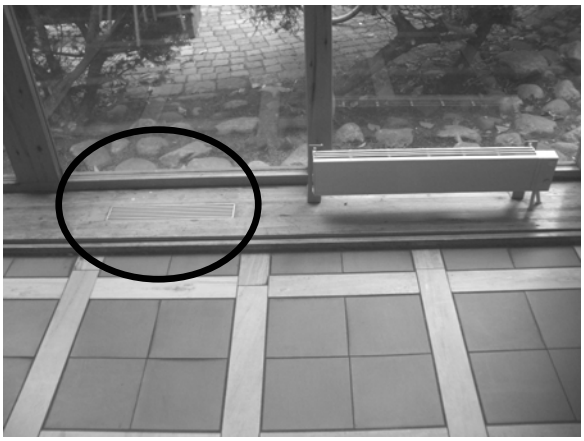


Vy från idrottsplanen (6)

2.8 Ventilation

Immanuelskyrkan har två fläktrum, ett under kyrktorget intill scoutförrådet och det andra ovan scoutlokalen. Kyrksalen har en egen tilluftsfläkt som tar luft direkt utifrån, vilken leds in via en kanal längst fram till höger om altaret, sett från ingången. Några frånluftsdon i kyrksalen finns inte. Det resterande markplanet har tilluftsdon i golvet och frånluftsdon i taket förutom vissa mindre utrymmen, till exempel toaletterna, som ventileras med överluft och frånluft. Några aktiva system vid brand i form av brandspjäll eller flödesförändringar finns inte (Vincent Ottosson).

Vid en visuell granskning ser det ut som att brandgasspridning mellan brandceller via ventilationssystemet generellt sett har förebyggts via separata system. Dessutom är risken för brandgasspridning störst genom tilluftssystemet och eftersom tilluftsdonen sitter vid golvet borde detta fördröja en eventuell brandgasspridning. Dock kan inga säkra slutsatser dras när det gäller ventilationens funktion vid brand eftersom inga ventilationsritningar funnits att tillgå. Därför kan heller inga säkra bedömningar av till exempel brandgasspridning genom ventilationssystemet göras.



Tilluftsdon (inringat)



Fläktrummet i källaren

3 Befintligt brandskydd

3.1 Byggnadstekniskt brandskydd

Immanuelskyrkan invigdes 1976 och är således inte byggd enligt nuvarande bygglagstiftning utan enligt dåvarande regelverk. Om kyrkan hade byggts idag hade den klassats som en Br1-byggnad eftersom det finns en samlingslokal på övervåningen. Kyrkan delas in i åtta brandceller som håller klass EI30 eller EI15 i dörrar och fönster samt troligen EI60 i väggar. Dagens krav på en Br1-byggnad är att alla väggar i brandcellsgränser ska hålla lägst klass EI60 (Boverket, 2002).

Största delen av kyrkans väggbeklädnad är av gips/betong, endast i kyrksalen är väggarna helt klädda i träpanel. Golvmaterial är antingen betong eller stenplattor och innertaken är klädda med akustikplattor med träinslag utom på källarplanen där innertaken är i betong och kyrksal där taket består av rent trä. Kyrkan är utrustad med brandgasventilation i kyrksalen och övre trapphuset. De aktiveras manuellt genom att vevas upp 35 varv med vajrar från kyrksalens golv. Vid besöket var en av vevarna i kyrksalen blockerad av inredning. Luckorna är placerade högst upp vid taket, i kyrksalen i västlig riktning och i trapphuset i östlig riktning.



Blockerad vev för brandgasventilation

3.2 Detektion och larm

Immanuelskyrkan är utrustad med ett automatiskt brandlarm (direktkopplat till räddningstjänsten) som i sin tur är anslutet till ett utrymningslarm. Brandlarmet var inte med vid nybyggnationen utan installerades i ett senare skede. Detta gjordes för att kompensera valet av obehandlad träpanel som ytskikt i kyrksalen istället för ett ytskikt av den brandtekniska klass som krävdes vid byggnationen. Någon verifiering av detta så kallade tekniska byte gjordes aldrig (David Högberg). Vid var och en av de sju larmdonen för utrymningslarmet sitter en skylt med texten ”Brandalarm” som klargör betydelsen av signalen.



Ett av larmdonen i kyrkan.

För detektionen svarar 60 värmedetektorer och 35 rökdetektorer. Generellt sett sitter det rökdetektorer där det är högt i tak medan värmedetektorerna sitter i förhållandevis små

utrymmen, exempelvis toaletter och omklädningsrum. Dock sitter det värmedetektorer ovanför den öppna spisen på övervåningen.

3.3 Utrymningsvägar

Från varje del av byggnaden där det är tänkbart att flertalet människor vistas finns två oberoende utrymningsvägar (se bilaga A). Undantaget är mindre utrymmen som omklädningsrum och förråd samt servicekulverten. Alla utrymningsvägar var vid besöket fria från blockerande material utom den från allrummet till undre trapphuset där några möbler hindrade fri passage. Vissa utrymningsvägar går genom annan lokal ut till det fria. Från källarplanen samt övervåningen sker utrymning via trapphusen till det fria. De flesta av utrymningsvägarna är skyltade men dock inte alla. Vissa äldre, ej standardiserade, skyltar nyttjas på vissa ställen. Samtliga nödutgångar mot det fria, förutom den i kyrksalen, saknar godkända nödbeslag. Den enda nödbelysning som finns är det ljus som ges av utrymningsskyltarna. Vid strömavbrott fortsätter de lysa i 120 minuter.



Äldre skylt på övervåningen

3.4 Släckutrustning

Inom byggnaden finns sammanlagt fem skumsläckare varav tre återfinns på entréplanet, en vid pentryt på andra våningen samt en vid omklädningsrummen i källarplanet. Förutom dessa finns en pulversläckare i servicekulverten och en brandfilt i köket. Samtliga släckare är utmärkta med standardiserade skyltar (Arbetarskyddsstyrelsen, 1998).

3.5 Systematiskt brandskyddsarbete

Immanuelskyrkan har ett utkast till SBA: Systematiskt Brandskyddsarbete (se bilaga B). Utkastet beskriver hur ansvarsfördelning, utbildning, rutiner samt drift och underhåll ska bedrivas på ett effektivt sätt. Här finns även checklistor för månadsvis kontroll av exempelvis brandsläckare och utrymningsvägar. SBA:n har upprättats enligt den nya Lagen om skydd mot olyckor där fastighetsägaren åläggs att lämna en skriftlig redogörelse för brandskyddet (Notisum, 2004). Till grund för denna redogörelse ligger bland annat det systematiska brandskyddsarbetet. I denna rapport har inte Immanuelskyrkans SBA utvärderats utan objektet har granskats utifrån det befintliga brandskyddet vid studiebesöket

Utkastet är skrivet av Göran Melin, kyrkans brandskyddsansvarige tillika ställföreträdande räddningschef vid räddningstjänsten i Jönköping. Även om den brandskyddsansvarige förhoppningsvis inte i sin myndighetsroll utövar tillsyn i kyrkan föreligger eventuellt en jävsituation på grund av hans yrkesroll. Vid räddningstjänstens tillsyn är det dessutom troligt att den brandskyddsansvariges chefsposition påverkar objektiviteten.

4 Beskrivning av datormodeller

4.1 Metodik

För att utvärdera personsäkerheten har två tider jämförts, utrymningstid och tid till kritiska förhållanden. För att utrymningssäkerheten ska anses tryggad ska tid till kritiska förhållanden understiga utrymningstiden. Tiderna har tagits fram genom datorsimuleringar som baseras på definierade brandscenarier och de antal personer som kan antas vistas i byggnaden.

I följande kapitel beskrivs de datormodeller som använts för brand- respektive utrymningssimuleringar utrymningsförloppet samt hur kritiska förhållanden definieras.

4.2 Simulex

Simulex är ett program utvecklat för modellering och simulering av utrymningsförlopp. Programmet arbetar efter CAD-ritningar och de egenskaper som utrymmande personer har. Till exempel kan standardpersonen i Simulex ändras till att vara en äldre person, handikappad, barn med mera. Beroende på ålder och fysisk status kommer gånghastigheten för personen att variera och därmed även den totala utrymningstiden.

4.2.1 Programmets arbetssätt

I Simulex importeras färdiga CAD-ritningar som blir våningsplan i programmet. Därefter definieras utgångar, förbindelser mellan våningsplanen (trappor), avståndskartor samt personegenskaper, personantal och placering. Möjlighet finns även att styra personer mot en viss utgång. När sedan simuleringen startas syns personernas gångväg till utgångarna samt

tiden från utrymningsstart till siste man lämnat lokalen. Efter simuleringen finns möjlighet att spara mer detaljerade resultat i en utdatafil, till exempel hur många personer som har utrymt vid en viss tidpunkt (IES, 2004).

4.2.2 Begränsningar

Hur väl simuleringen kommer att överensstämma med verkligheten beror till stor del på hur noggrant försökspersonerna styrs, hur detaljerade ritningarna är och hur noggrant utgångar och trappor placeras ut. Dock kan Simulex inte ta hänsyn till slumpartade händelser som att personer vänder och går en annan väg till utgångarna. Till exempel så utrymmer personerna alltid till den utgång som definieras i förutsättningarna innan simuleringen börjar, på så sätt kan inte personerna ändra väg i mitten av simuleringen och gå mot en tom utgång. Proppar kan lätt uppstå när personerna i Simulex utrymmer tvärsigenom varandras utrymningsvägar eller på grund av att personerna i vissa fall inte går runt varandra. Simulex kräver också att bredden på gångvägarna är minst 0,6 meter för att personer skall kunna passera, något som kan skilja sig från verkligheten. Spiraltrappor går inte att simulera i Simulex, lösningen blir att göra om dem till raka trappor med smalare bredd och längd som överensstämmer med gångavståndet i den spiralformade trappan.

Vid de första simuleringarna användes ett personurval av den förväntade församlingen med hänsyn tagen till ålder och rörelsefrihet. Efter ett par simuleringar med detta personurval märktes att det inte fanns något klart samband mellan antalet långsamgående personer och utrymningstid. I vissa fall gjorde till och med inslaget av långsamgående personer att utrymningstiden blev kortare. Till följd av detta valdes att samtliga personer i simuleringarna hade persontyp ”median”, det vill säga en genomsnittsperson.

4.3 CFAST

För att kunna beskriva brandförlopp krävs någon form av program som kan simulera detta. CFAST är ett exempel på ett sådant program. I programmet definieras brandeffekt, öppningar, rumsgeometri, inredning och byggnadsmaterial samt i förekommande fall även fler parametrar som kan ha betydelse för brandförloppet.

4.3.1 Programmets arbetssätt

CFAST bygger på den så kallade tvåzonsmodellen där brandrummet delas upp i två lager, ett varmt övre och ett kallt undre. Programmet beräknar sedan med hjälp av McCaffrey’s plymmodell och andra ekvationer bland annat massflöde i plymen, strålning mot omgivningen, tryck samt temperatur och höjd på brandgaslagret. Dessa värden lagras sedan med motsvarande tid i en utdatafil (Forney et al., 1993).

4.3.2 Begränsningar

Den största nackdelen med CFAST är att brandscenariot oftast blir en stark förenkling i förhållande till verkligheten, främst då rumsgeometrin är komplex (till exempel korridorer och icke-rektangulära rum). Programmet klarar inte av att ta hänsyn till alla faktorer som spelar in vid en brand. Till exempel har brandgaserna ingen transporttid från branden till taket och de sprids momentant ut över hela takytan. Vidare finns ingen temperaturvariation i det kalla och varma lagret utan en och samma temperatur antas. Fördelarna är att det är enkelt att ställa upp förutsättningar för brandsimuleringen och att programmet är snabbt, vilket möjliggör många simuleringar på kort tid (Forney et al., 1993).

4.4 Detact T2

4.4.1 Metod & begränsningar

Detact T2 är ett enkelt program framtaget för att beräkna aktiveringstid för sprinklers eller värmedetektorer. Programmet använder en effektutvecklingskurva enligt $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$ där $\dot{Q}$ är effekten, α en konstant som styr tillväxthastigheten och t tiden. De vanligaste värdena på α brukar benämnas slow, medium, fast och ultrafast där slow ger den långsammaste brand-utvecklingen och ultrafast den snabbaste.

Programmet kan också användas för att göra en grov uppskattning av aktiveringstiden för rökdetektorer genom att använda ett väldigt lågt RTI-värde och en aktiveringstemperatur mellan 10-15 °C högre än ursprungstemperaturen (Jönsson et al., 2002). Ingen hänsyn tas till vilken typ av material som brinner och vilken rökpotential materialet har. Det medför att tiden blir väldigt osäker. Andra begränsningar med programmet är att det förutsätter ett helt platt innertak som är oändligt stort, det vill säga det tar ingen hänsyn till ansamling av brandgaser under taket.

5 Utrymningsförloppet

5.1 Utrymningens tre faser

Den totala tiden för utrymning kan delas upp i tre faser: varseblivning, beslut- och reaktion samt förflyttning. Längden av dessa faser beror på olika faktorer för respektive fas, exempel på detta är lokalens överblickbarhet, förekomst av automatiskt utrymningslarm, typ av utrymningslarm, personfördelning i lokalen och förmåga att förflytta sig. Tiden för utrymning anses acceptabel när den understiger den tid det tar för kritiska förhållanden att uppstå (Boverket, 2004).

$t_{krit.förh.} > t_{varseblivning} + t_{beslut+reaktion} + t_{förflyttning}$ (t = tid)

5.2 Varseblivningstid

Tiden till en person upptäcker att något inträffat beror till stor del på om personen ser branden eller inte. I de fall ett automatiskt utrymningslarm finns installerat påverkar detta tiden (Boverket, 2004).

Eftersom objektet har ett automatiskt utrymningslarm kommer den teoretiska aktiveringstiden för detta användas som varseblivningstid för de personer som inte är inne i brandrummet vid brandförloppets början. För de personer som vistas i brandrummet har varseblivningstiden bedömts efter storlek på branden och överskådlighet i lokalen. De exakta variationerna tas upp i respektive scenario.

5.3 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstiden är den tid det tar för personen att bland annat förstå vad som hänt, lyssna på utrymningslarm och besluta sig för att hjälpa andra, släcka eller utrymma. Faktorer som kan påverka denna tid är om utrymningslarmet består av ett talat meddelande, väl synliga nödutgångar eller utrymningsskyltar och om personerna är vakna och medvetna om vad som händer omkring dem (Boverket, 2004)

Förutsättningarna för Immanuelskyrkan är att utrymningslarmet endast ger en akustisk signal samt att vissa utrymningsskyltar är ganska svåra att upptäcka. Emellertid är lokalerna relativt lätt överblickbara och personerna som vistas där anses har ganska god lokalkännedom. Dessa förutsättningar tillsammans med data från gör att en rimlig besluts- och reaktionstid bör vara minst en minut (Boverket, 2004).

5.4 Förflyttningstid

Den tid det tar att utrymma en lokal beror bland annat på hur personfördelningen ser ut i lokalen, om det är barn eller gamla, om det finns personer med hjälpbehov och förmågan att förflytta sig. Yttre faktorer som kan spela in är belysningsnivå och synliga utrymningsskyltar (Boverket, 2004).

Vid bedömningen av utrymningssäkerheten i denna rapport kommer förflyttningstiden att bedömas med hjälp av simuleringar i datorprogrammet Simulex. På grund av begränsningarna i programmet är det viktigt att poängtera att de tider som simuleras fram inte är någon form av absolut sanning, utan endast ett hjälpmedel för att kunna göra en bedömning av utrymningssäkerheten.

6 Kritiska förhållanden

6.1 Definition

För att kunna bedöma personsäkerheten vid utrymning finns det vissa krav på vilka förhållanden en brand får orsaka. Dessa kallas för ”kritiska förhållanden” och ges genom gränsvärden för temperatur, strålning, brandgaslagrets höjd, sikt och toxicitet som inte får överstigas om utrymning ska ske under acceptabla förhållanden. Gränsvärdena är dock inte absoluta och ett överskridande av vissa värden behöver inte innebära några förluster i människoliv eller personskador (Jönsson et al., 2002).

Vid en bedömning om utrymning kan ske på ett säkert sätt bör mer än ett gränsvärde betraktas. Ett lågt brandgaslager som består av kalla gaser bör inverka mindre på utrymningen än ett lika lågt brandgaslager som är väldigt varmt och därigenom ger en högre strålning. Inverkan av toxiska gaser är mer komplicerade att bedöma än gränsvärdena ger sken av eftersom det snarare handlar om hur stor dos en människa utsätts för än när en viss koncentration av gasen uppnås. Nedanstående kriterier har hämtats från Brandskyddshandboken (2002).

6.2 Temperatur

Personer under utrymning bör maximalt utsättas för en temperatur på 80 °C.

6.3 Strålning

Den strålning en person under utrymning maximalt bör utsättas för kan definieras på ett antal sätt:

- Mycket kortvarig exponering för en strålning på 10 kW/m^2
- En sammanlagd strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2
- En maximal strålningsintensitet på 2,5 kW/m^2

6.4 Brandgaslagrets höjd

För att personerna inte ska störas av brandgaslagret bör det ligga lägst på höjden $H_{kritisk} = 1,6 + 0,1H$ meter över golvnivå där H är rumshöjden.

6.5 Sikt

Även om brandgaslagret sjunkit under kritisk nivå är det möjligt att utrymningen kan fortgå så länge kriterierna för temperaturen, sikten och toxiciteten inte uppnåtts. Kriterierna för sikt är 5 meter i brandrummet och 10 meter i utrymningsvägarna. Ett av många sätt att beräkna sikten är genom följande samband:

Siktbarhet i meter = $\frac{10}{OD}$ där OD är optisk densitet i dB/m.

6.6 Toxicitet

För att uppnå en säker utrymning bör personerna inte utsättas för skadliga doser av giftiga gaser eller för låg syrehalt. De gaser som anses tillräckliga att ta hänsyn till är CO, CO_2 och O_2 och kriterierna är följande:

- CO < 0,002 vol%
- CO_2 < 5 vol%
- O_2 > 15 vol%

7 Brandscenarier

7.1 Val av scenarier

Vid studiebesöket identifierades en rad troliga brandscenarion i objektet. En djupare analys kommer att göras på tre av dessa:

- Brand i kapprum
- Brand i scoutförråd
- Brand i kyrksal

Dessa scenarier har valts utifrån var byggnaden bedöms ha sina svagaste punkter och var ett brandtillbud kan få störst konsekvens. Placeringen av bränderna har även valts för att bedöma om en tillfredställande utrymning kan ske då någon eller några nödutgångar blockeras av branden. På grund av byggnadens geometri kan en brand i kapprummet innebära att personerna i lokalerna endast har en utrymningsväg att tillgå. Branden i scoutförrådet kan på samma sätt förhindra utrymning genom det nedre trapphuset. Scenarierna prövar dessutom byggnadens tidigare dimensionerade tillåtna personbelastning i de lokaler där flest personer får uppehålla sig, det vill säga kyrksalen, idrottshallen och allrummet. I scenarierna har därför det maximala antalet personer som tillåts i respektive rum använts. Övriga scenarier som inte beräknats redovisas sist i detta kapitel.

7.2 Brand i kapprum

7.2.1 Förutsättningar för CFAST

I foajén precis framför huvudingången finns garderober för ytterkläder. Garderoberna är utformade som öppna boxar där kläderna hängs upp på galgar. Det finns åtta boxar, med måtten 4 x 0,5 meter. Antändning antas ske med hjälp av en osläckt cigarrfimp i en av jackfickorna.



Garderoberna utformade som öppna boxar

I kyrkans garderob kan cirka 600 ytterplagg förvaras samtidigt. Enligt Johansson (2004) kan 105 ytterplagg kan utveckla 4 MW som också ger kraftigt sotande brandgaser. Detta skulle ge en mycket hög totaleffekt (ca 24 MW) om alla ytterplagg brinner samtidigt. Den snabba tillväxthastigheten medför att branden sprider sig snabbt mellan jackorna men den avtar också snabbt eftersom en jacka inte innehåller någon avsevärd bränslemängd. Detta gör att maximal effektutveckling bedöms till 5 MW. Tillväxthastigheten för brandförloppet sätts till ultrafast (Johansson, 2004). Eftersom kapprummet ligger placerat öppet ute på kyrktorget antas brandscenariot vara bränslekontrollerat, det vill säga den maximala effekten bestäms av bränsletillgången.

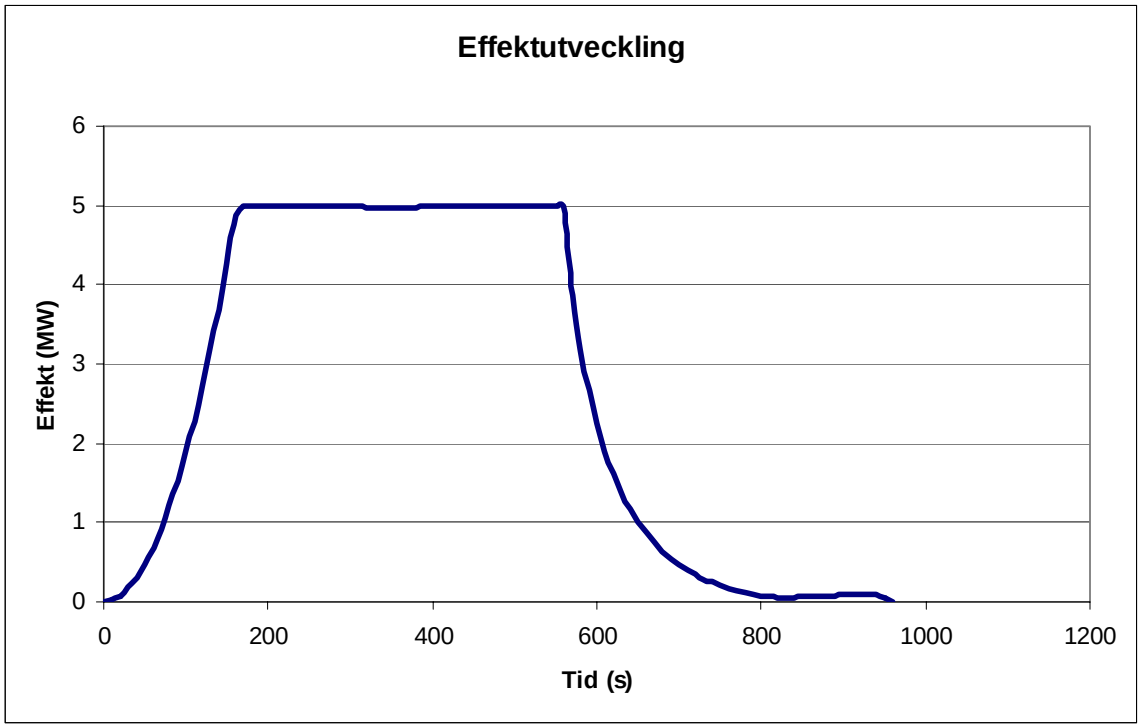


Diagram 1 – Effektutveckling för brand i kapprum

Materialvalen för golv, väggar och tak baserar sig på observationer vid studiebesöket. Ytskiktet på golvet består egentligen av en typ av stenplattor, men eftersom detta ytskikt inte finns att tillgå i CFAST väljs betong som också det är obrännbart. Anledningen till att det öppna utrymmet delas upp i tre delar är att CFAST inte klarar av en så komplex geometri som kyrktorget utgör. Istället approximeras kyrktorget till tre rektanglar sammanlänkade med stora öppningar (se bilaga C.1).

	Kapprummet	Utanför kyrksal	Cafédel
Golv	Betong	Betong	Betong
Väggar	Gips	Gips	Gips
Tak	Hardboard	Hardboard	Hardboard
Rumshöjd (m)	2,6	2,6	6,5
Kritisk höjd (m)	1,9	1,9	1,9

Tabell 1 – CFAST-förutsättningar för brand i kapprum

Den lägsta takhöjden i utrymmet är 2,6 meter vilket ger en kritisk höjd på 1,9 meter. De tre sektionerna har olika takhöjd men utgör ändå ett och samma rum och därför används 1,9 meter som kritisk höjd i samtliga sektioner.

7.2.2 Resultat från CFAST

Den faktor som blir dimensionerande är enligt simuleringarna höjden på brandgaslagret. Detta lager kommer enligt simuleringen bilda en tvåzonsskiktning eftersom temperaturdifferensen mellan de två lagren uppgår till cirka 250 °C. Andra kritiska gränsvärden som till exempel nivå på strålning från brandgaslagret inträffar senare och blir därför inte dimensionerande. I tabellen nedan redovisas tiden tills kritiska värden uppnås för de faktorer som beaktas. För diagram, se bilaga D.1.

	Kapprummet	Utanför kyrksal	Cafédel
Brandgaslagerhöjd	2 min 15 s	1 min 45 s	2 min
Strålning från brandgaslager	2 min 45 s	6 min 20 s	5 min 50 s
Temperatur under brandgaslager	5 min	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig

Tabell 2 - Tid till kritiska nivåer för kapprum

7.2.3 Känslighetsanalys

På grund av svårigheter att bedöma hur många jackor som brinner på samma gång minskas maximaleffekten till 3 MW. Detta motsvarar att cirka 75 jackor brinner samtidigt. Förhållandena ändras då till följande:

	Kapprummet	Utanför kyrksal	Cafédel
Brandgaslagerhöjd	2 min 45 s	2 min 30 s	3 min
Strålning från brandgaslager	5 min 45 s	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Temperatur under brandgaslager	7 min	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig

Tabell 3 - Tid till kritiska nivåer för känslighetsanalys av kapprum

Tidsvinsten blir, utanför kapprummet, 30 sekunder för brandgaslagrets kritiska höjd respektive 3 minuter för den kritiska strålningen från brandgaslagret.

7.2.4 Förutsättningar för Simulex

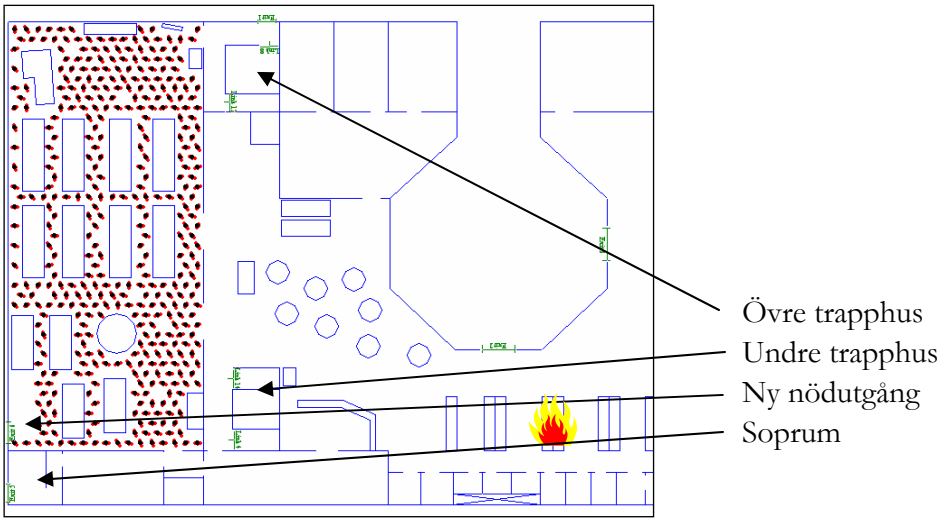
Det är sannolikt att församlingens fikaansvarige eller någon annan befinner sig vid eller kring kapprummet under mötet. Detta medför att branden troligen upptäcks. Om detta sker när branden är liten finns möjligheten att vederbörande släcker den med handbrandsläckare. Om branden fått växa till sig innan den upptäcks, vilket förutsätts i scenariot, är det inte troligt att någon ingriper. Det är även troligt att branden skulle upptäckas i det fall att kyrktorget är fullt av människor som i scenariot med kyrksalsbranden (kap 7.4)

Även om branden upptäckts är det inte säkert att personen ifråga varnar andra eller att budskapet når fram. Därför används aktiveringstiden för utrymningslarmet som varseblivningstid. Tiden bedöms till en minut efter beräkningar med Detact T2 (se bilaga F). Först en minut efter att branden startat får således de övriga människorna i allrummet och

kyrksalen information om att någonting har hänt. De vet inte om larmet är ett fellarm eller något skarpt larm. Det är därför troligt att personerna som står närmast dörrarna i kyrksalen och allrummet relativt snabbt kontrollerar vad som har hänt. Simuleringarna nedan redovisar de olika beslut som personerna sedan fattar, ifall de väljer att utrymma genom kapprummet och i sådana fall i vilken utsträckning eller inte alls. Enligt tidigare resonemang (kap 5.3) uppgår besluts- och reaktionstiden till 1 minut för personerna i rummen.

7.2.5 Indata och resultat från Simulex

Först gjordes simuleringar där allrummet utnyttjades till sin fulla kapacitet (400 personer). Här testades den tid som personerna tar på sig att utrymma salen utan att använda utgångarna från cafédelen. Anledningen till detta är att en brand i kapprummet försvårar utrymning via huvudentrén. Tre olika försök gjordes, ett där endast det övre trapphuset användes, ett där utrymning genom soprummet tilläts och ett där en ny nödutgång på 1,20 meter placerades i fasaden i den nedre delen av allrummet.

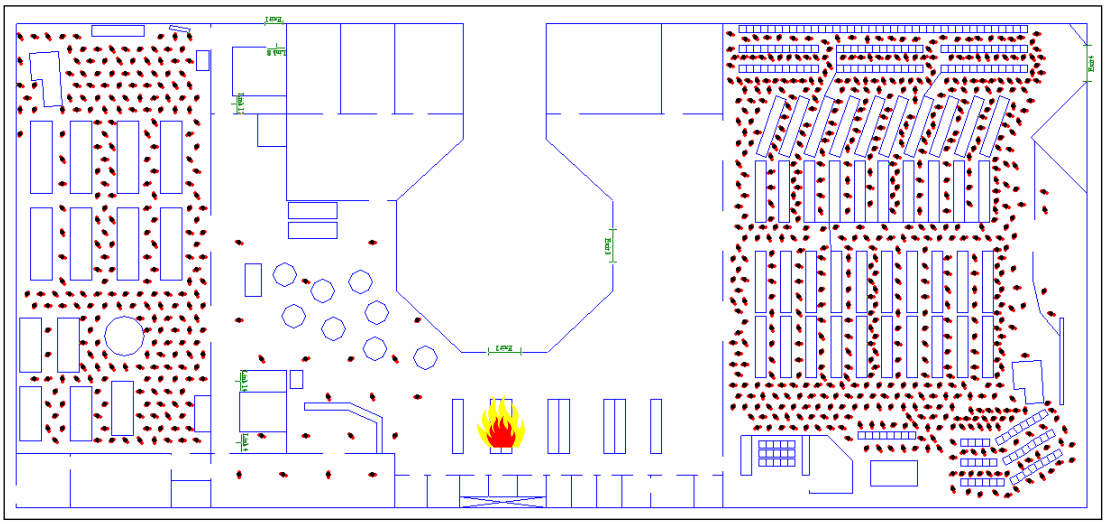


Figur 1 – Personfördelning för allrum, flamman markerar branden

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Allrum 400 personer	Utrymning endast genom övre trapphuset	7 min 15 s
Allrum 400 personer	Utrymning genom övre trapphuset och soprummet.	5 min 30 s
Allrum 400 personer	Utrymning genom övre trapphuset och genom ny nödutgång i allrummet.	4 min 15 s

Tabell 4 – Resultat för utrymning av endast allrum

Därefter utfördes simuleringar med personer i kyrksal, café och allrum. Antalet personer i rummen bestämdes till 600, 20 respektive 240. Först användes samtliga utgångar, sedan gjordes simuleringar där huvudingången stängdes av och till sist stängdes båda utgångarna vid kapprummet.

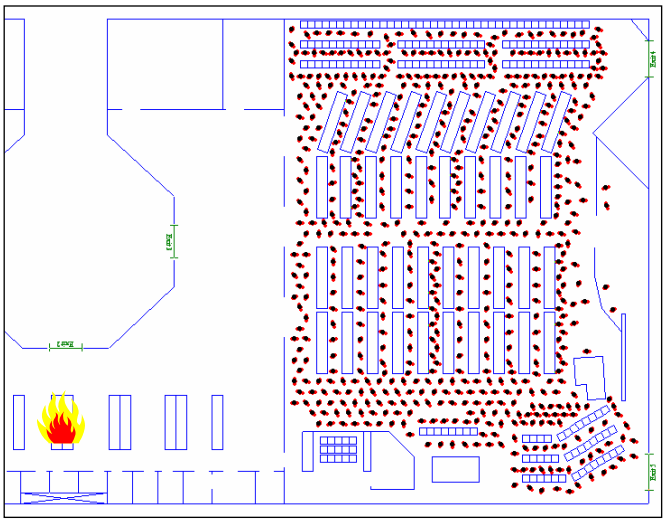


Figur 2 – Personfördelning för allrum och kyrksal

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Allrum 240 personer Kyrksal 600 personer Café 20 personer	Samtliga nödutgångar	Allrum och Kyrksal 4 min 15 s Kapprum 4 min
Allrum 240 personer Kyrksal 600 personer Café 20 personer	Huvudentrén avstängd (nedre utgången i oktagonen)	Allrum 5 min 15 s Kyrksal 4 min 45 s Kapprum 3 min 15 s
Allrum 240 personer Kyrksal 600 personer Café 20 personer	Båda utgångar vid kapprummet avstängda	Allrum 5 min 15 s Kyrksal 5 min

Tabell 5 – Resultat för utrymning av allrum, kyrksal och café

Sist utfördes två simuleringar för kapprumsbranden där kyrksalen var fullsatt (600 personer). Först gjordes ett försök där endast den befintliga nödutgången inne i kyrksalen användes och sedan ett försök där även dörren längst fram till höger om altaret användes, vilket normalt inte är fallet eftersom dörren inte är skyltad som utrymningsväg.



Figur 3 – Personfördelning för fullsatt kyrksal

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Kyrksal 600 personer	Endast nödutgången längst fram till vänster är tillgänglig.	5 min
Kyrksal 600 personer	Två nödutgångar i kyrksalen	3 min 45 s

Tabell 6 – Resultat för utrymning av endast kyrksal

7.2.6 Slutsats

För en brand på 5 MW i kapprummet uppstår kritiska förhållanden efter ungefär 2 minuter. Brandgaserna kommer då antagligen ha bildat en skiktning där det övre varma lagret består av tjock, svart rök medan det i det undre kalla lagret råder god sikt. Enligt resultaten från utrymningssimuleringar i Simulex framgår att endast de utrymningsvägar som inte leder genom kapprummet kan användas. Dock är det troligt att ett fåtal människor från caféet och kyrksalen använder utrymningsvägarna i kapprummet innan brandgaslagret har blivit för lågt för utrymning. Tillfredsställande utrymning från allrummet och kyrksalen bör kunna ske under förutsättning att dörrar mot kapprummet hålls stängda under utrymning för att förhindra brandgasspridning. Eftersom väggarna mot både allrummet och kyrksalen utgör brandcellsgränser och brandgasspridning mellan brandceller ska förhindras är det viktigt att se till att dörrarna hålls stängda. Om dörrarna är utrustade med magnetiska dörrstängare kopplade till brandlarmet kommer ingen rök att kunna spridas när utrymning genom dörrarna upphör eftersom dörrarna stängs automatiskt.



Dörr uppställd med hasp i allrummet

Om de två utrymningsvägarna till vänster och höger om altaret i kyrksalen används (med högsta möjliga personantal) sänks tiden för utrymning med 1 minut och 15 sekunder, se nedanstående diagram. Med ett maximalt personantal i allrummet sänks utrymningstiden med upp till tre minuter då två utrymningsvägar används. Detta tyder på att dubbla utrymningsvägar direkt till det fria förbättrar utrymningstiden markant. Dock är det viktigare att inga brandgaser kan spridas till allrummet i händelse av brand. En tillbyggnad för att öppna ytterligare en utrymningsväg i allrummet anses därför inte prioriterad. I kyrksalen kan däremot dörren till höger om altaret nyttjas som utrymningsväg utan större ingrepp.

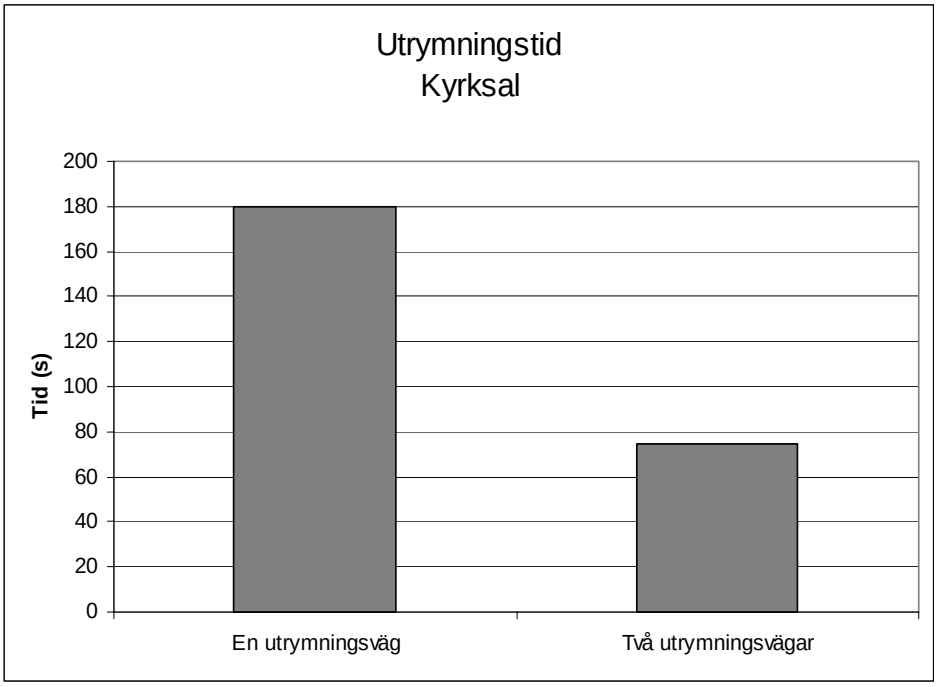


Diagram 2 – Skillnad i utrymningstid med en eller två utrymningsvägar i kyrksal

En tidig upptäckt av branden medför en betydligt lättare släckning, framför allt som handbrandsläckare finns i garderobernas närhet. Därför är det en fördel att någon form av rondering sker under gudstjänst, något Immanuelskyrkan har tagit upp i sin SBA.

7.3 Brand i scoutförråd

7.3.1 Förutsättningar för CFAST

Kyrkans scoutförråd är placerat på övre källarplan under kyrktorget. För att få tillträde till förrådet måste en lång korridor som bland annat innehåller ventilationstrummor passeras. Korridoren ansluter i sin tur till trapphuset närmast caféet på entréplanet. Förrådet är fullt med brännbart material såsom brädor, hyllor, stolar, tält, fotogenlyktor med mera. I scenariot antas att scouterna förbereder sin utrustning för avfärd. Normalt sett är dörren till förrådet låst men för att underlätta passage till ovanplanet är dörrarna ut från scoutförrådet och från korridoren till trapphuset uppställda med kilar. Under dessa förutsättningar sker en antändning av fotogen när en scout tappar en fotogenlykta i förrådet. Branden fortsätter sedan i brännbart förrådsmaterial.

Eftersom rummet har gott om bränsle och bara en öppning förutsätts att tillgången av syre begränsar effektutvecklingen. Väggar, golv och tak i rummet och angränsande korridor består av betong. Kritisk höjd för brandgaslagret är beräknad till 1,8 meter. Den maximala effektutveckling som kan uppstå i brandrummet beräknas genom massflödet luft och att varje kilo syre som deltar i förbränningen ger 13100 kJ/kg (Karlsson & Quintierie, 1999).

Detta förutsätter att allt syre deltar i förbränningen, i verkligheten avtar förbränningen (men inte nödvändigtvis pyrolysen) vid cirka 10 massprocent syre.

$$\dot{m}_{luft} = 0{,}5 \cdot A \cdot \sqrt{H} = 0{,}5 \cdot 2{,}1 \cdot 1 \cdot \sqrt{2{,}1} = 1{,}52 \text{ kg/s}$$

Beräkning av massflöde luft in i brandrummet (Karlsson & Quintierie, 1999).

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta H_c \cdot E = 1{,}52 \cdot 13100 \cdot 0{,}23 = 4{,}6 \text{ MW}$$

Beräkning av effektutveckling baserat på massflöde luft (Karlsson & Quintierie, 1999).

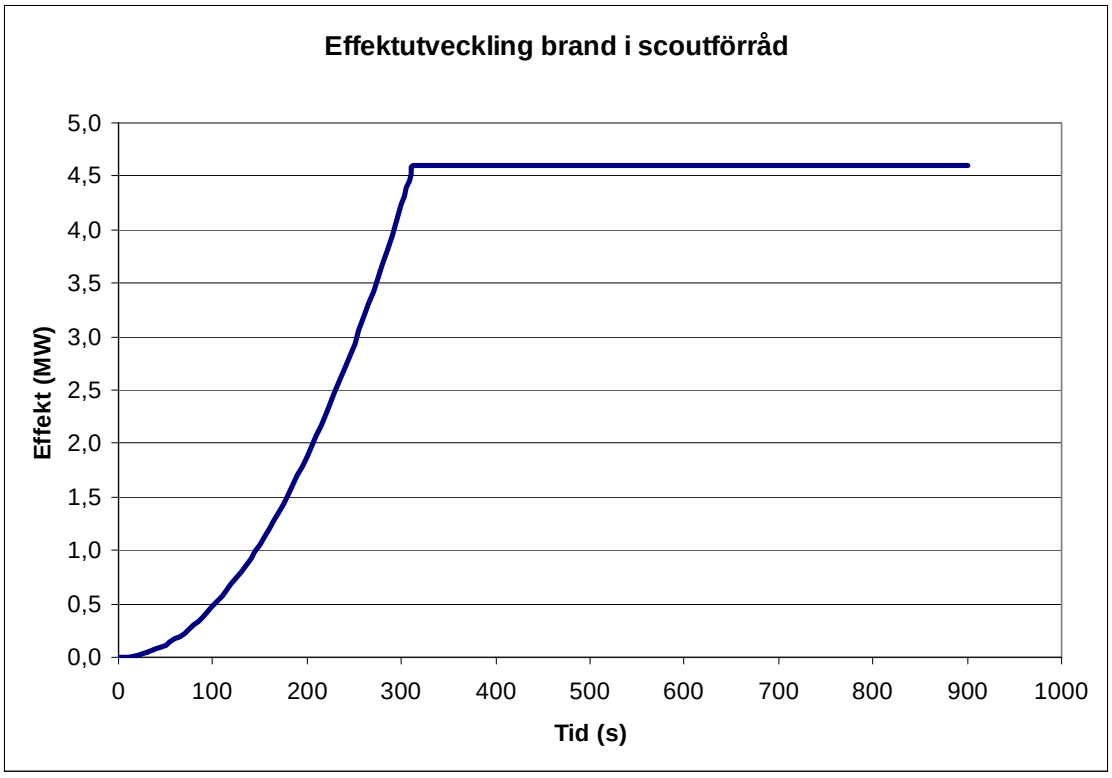


Diagram 3 – Effektutveckling för brand i scoutförråd

Effektutvecklingen i brandrummet ökar enligt grafen ovan upp till maximalt 4,6 MW. Därefter blir branden ventilationskontrollerad, det vill säga den maximala effekten begränsas av tillgången till syre, och effektutvecklingen förblir konstant i takt med att bränslet i rummet förbränns till det tar slut. Effektutvecklingskurvan i grafen ovan är den som använts som indata i CFAST och tar ingen hänsyn till för låg syrehalt och förbränning av brandgaser i servicekulverten. Vid beräkningarna i CFAST tar programmet hänsyn till att allt syre inte deltar i förbränningen och de effektutvecklingskurvor programmet räknar på finns i bilaga D.2.

7.3.2 Resultat från CFAST

Enligt CFAST sker förbränning av oförbrända brandgaser utanför brandrummet i den angränsande korridoren som löper till trapphuset. Detta eftersom branden i scoutförrådet blir ventilationskontrollerad och därför inte kan förbränna allt bränsle i brandrummet. Effektutvecklingen i själva brandrummet sjunker därför till ungefär 2,8 MW och förbränningen av brandgaser i korridoren ger 1,8 MW (se bilaga D.2).

Brandgaslagerhöjd	3 min
Strålning från brandgaslager	Uppnås aldrig
Temperatur under brandgaslager	Uppnås aldrig

Tabell 7 - Tid till kritiska nivåer i korridoren

Eftersom både strålningsnivån från brandgaslagret mot golvet och temperaturen under brandgaslagret i korridoren inte uppnår några kritiska värden blir den dimensionerande faktorn brandgaslagrets höjd enligt simuleringarna. Den kritiska höjden nås enligt tabellen efter 3 minuter. Dock börjar brandgaser läcka ut i trapphuset redan efter 2 minuter och 30 sekunder då brandgaslagret har sjunkit under dörrpostens höjd på 2,1 meter (se bilaga D.2).

Vid en ventilationskontrollerad brand blir produktionen av bland annat kolmonoxid större samtidigt som koncentrationen koldioxid sjunker, men på grund av osäkerheter vad gäller exakta syreförhållanden och den stora blandning av material som brinner kan inga säkra slutsatser dras.

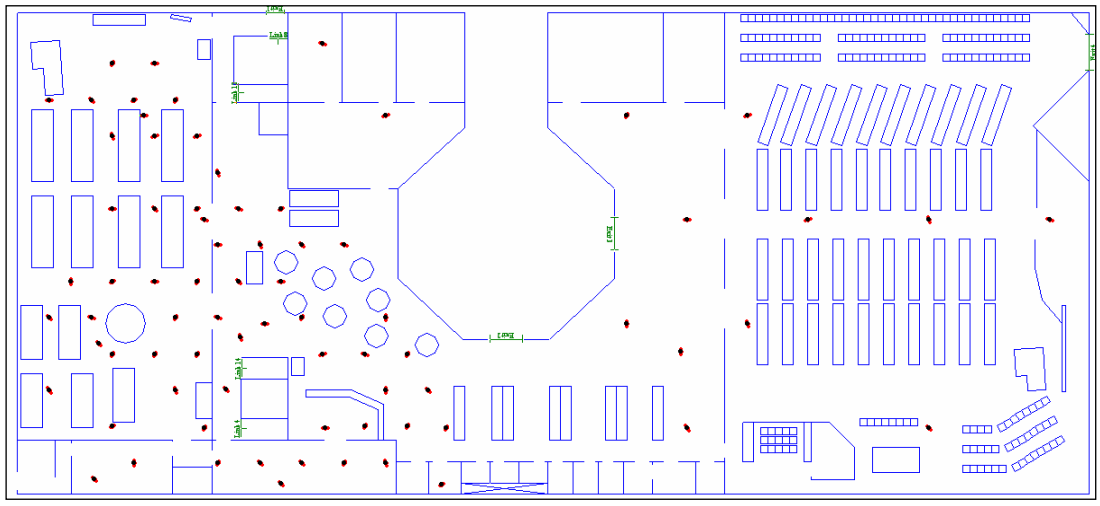
7.3.3 Förutsättningar för Simulex

Liksom i de andra utrymningsscenariona har även här åtskilliga simuleringar gjorts. En brand i scoutförrådet med uppställda dörrar ut mot trapphuset innebär att utrymning genom trapphuset kommer försvåras eller i värsta fall omöjliggöras på grund av brandgasspridning. Därför har simuleringar gjorts där användningen av trapphuset har begränsats. Av samma anledning har även användningen av loftgången på övervåningen begränsats. En stor variation i antalet personer har använts i simuleringarna. Vid studiebesöket sågs affischer uppsatta med information om att en konsert skulle hållas i gymnastiksalen. Det maximala antalet personer som får vistas i idrottshallen är 300 och för att pröva nödutgångarnas kapacitet används detta i simuleringarna även om sannolikheten för detta höga personantal troligtvis är liten. För att pröva hur stor effekt den avstängda loftgången har gjordes simuleringar med olika antal personer på övervåningen. En stängd loftgång innebär att personerna inne i rummen på övervåningen måste utrymma genom det övre trapphuset.

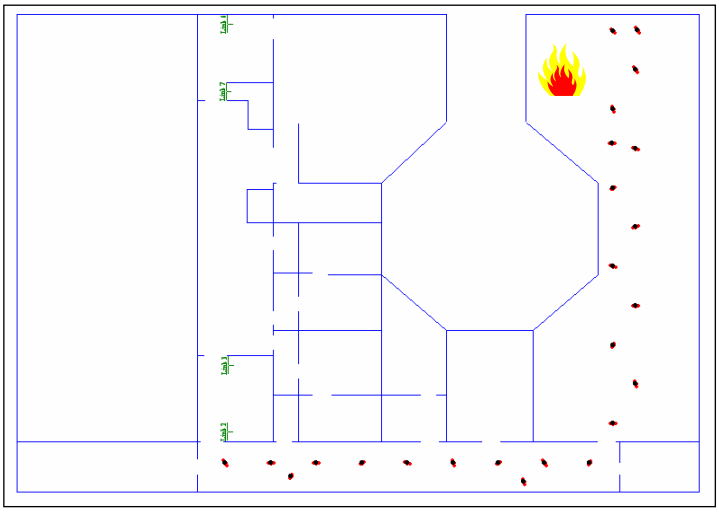
Det förutsätts att scoutledare finns i scoutförrådet när olyckan sker. Därför är det troligt att utrymning av förrådet påbörjas omedelbart. Personerna i resten av byggnaden antas ha en varseblivningstid som är lika lång som aktiveringstiden för utrymningslarmet. Denna tid bedöms till två minuter efter beräkningar i Detact T2 (se bilaga F). Besluts- och

reaktionstiden för de övriga personerna efter att larmet gått i byggnaden bedöms enligt tidigare till en minut. Det är dock troligt att när gymnastiksalen är fylld med folk så tar det tre minuter eftersom en grupp av människor är rädda att göra bort sig och sitter helst kvar tills någon annan tar initiativet och går före dem (Frantzich, 2000).

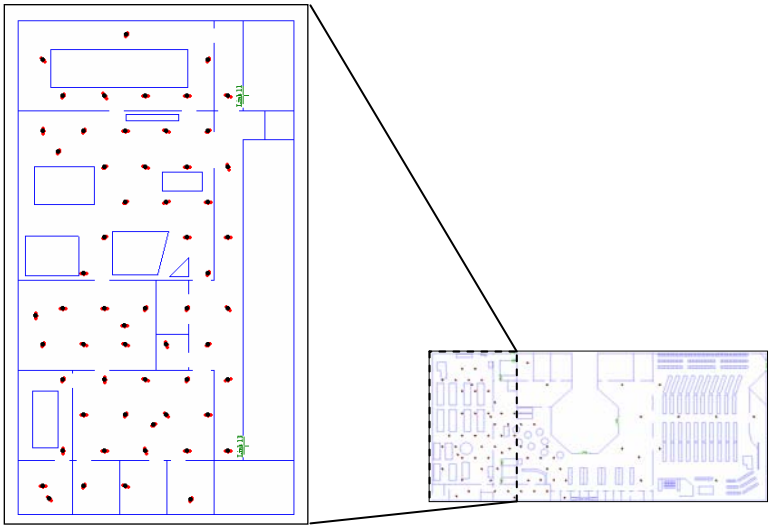
7.3.4 Indata och resultat från Simulex



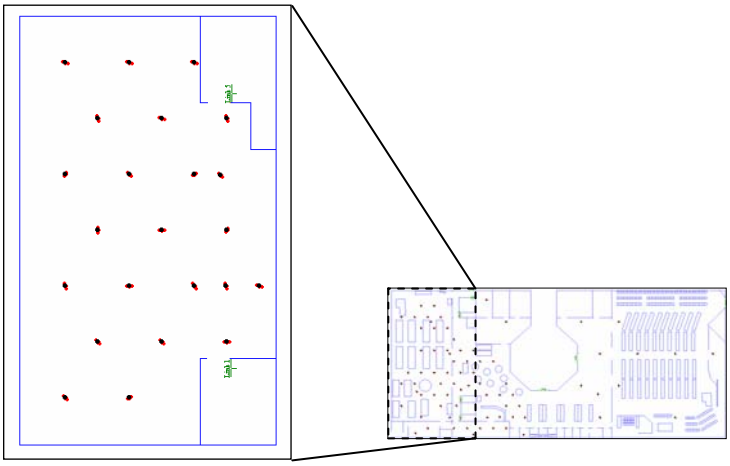
Figur 4 – Personfördelning för markplan



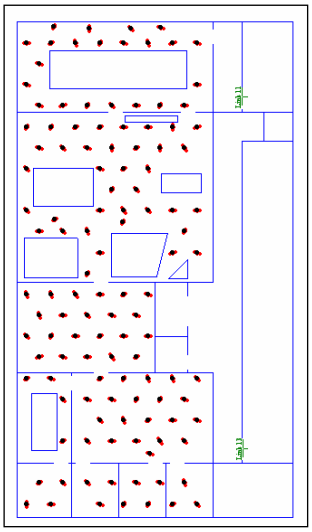
Figur 5 – Personfördelning för övre källarplan



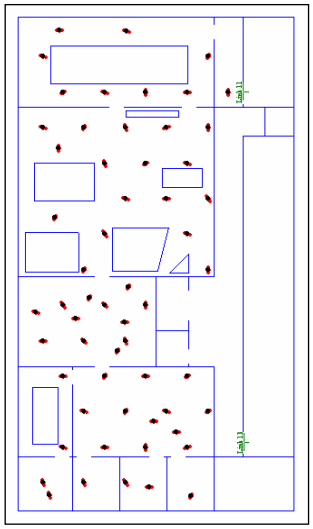
Figur 6 – Personfördelning för övervåning med öppen loftgång



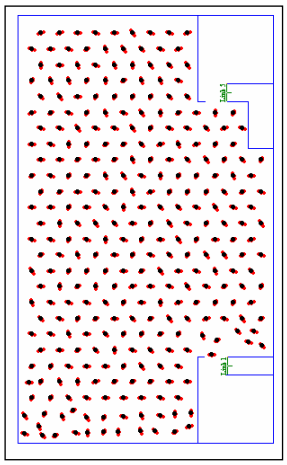
Figur 7 – Personfördelning för gymnastiksal med 23 personer. Gymnastiksalen är 2 våningar under allrummet.



Figur 8 – Personfördelning för övervåning med 120 personer



Figur 9 – Personfördelning för övervåning med stängd loftgång



Figur 10 – Personfördelning för idrottshall med 300 personer

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Scoutförrådet 24 personer Idrottshall 23 personer Markplan 75 personer Övervåning 58 personer	Alla utgångar tillgängliga	Markplan 4 min 15 s Båda källarplanen 4 min
Scoutförrådet 24 personer Idrottshall 23 personer Markplan 75 personer Övervåning 58 personer	Alla utgångar är tillgängliga men loftgången på övervåningen används ej.	Markplan 5 min Övervåning 4 min 30 s Båda källarplanen 4 min
Scoutförrådet 24 personer Idrottshall 300 personer Övervåning 58 personer	Alla utgångar är tillgängliga men loftgången och nedre trapphuset används ej.	14 min
Scoutförrådet 24 personer Idrottshall 300 personer Övervåning 58 personer	Alla utgångar är tillgängliga men loftgången används ej och 111 personer utrymmer genom nedre trapphuset.	9 min 30 s (Sista person ut genom nedre trapphuset efter 7 min 30 s)
Scoutförrådet 24 personer Caféet 50 personer Övervåningen 120 personer	Alla utgångar är tillgängliga men loftgången används ej.	Övervåning 5 min 30 s Båda källarplanen 4 min

Tabell 8 – Resultat för utrymning vid brand i scoutförrådet

7.3.5 Slutsats

De personer som befinner sig i direkt anslutning till brandrummet kommer inte nämnvärt att påverkas eftersom de antas utrymma direkt när faran upptäcks. Detta förutsätter att branden inte blockerar den enda utrymningsväg som finns ut från förrådet mot korridoren. Personer som vistas på övervåningen eller nere i idrottshallen utsätts för den största risken eftersom en av deras utrymningsvägar (nedre trapphuset) blockeras av rök efter 3 minuter.

Med 120 personer på övervåningen kan utrymning genomföras säkert genom det övre trapphuset. När brandgaser har spridit sig upp till loftgången minskar möjligheten att nå nödutgångarna under säkra förhållanden. Möjligheten finns att nå det övre trapphuset genom rummen på ovanvåningen utan att använda loftgången. Men i dagsläget finns inga utrymningsskyltar som visar utrymningsväg mellan rummen direkt in i det övre trapphuset. Dessutom hålls vissa av dörrarna låsta.

Simuleringarna visar att en brand på något av källarplanen kan få stora konsekvenser framför allt när det gäller möjligheten att använda det nedre trapphuset. Eftersom trapphuset är öppet på markplan och uppåt finns stor risk för brandgasspridning i resten av byggnaden. I dagsläget är risken stor att detta sker vid en brand eftersom ett flertal av dörrarna mot trapphusen på källarplanen är uppställda med hjälp av kilar.

I fallet med maximalt antal personer i idrottshallen och även ett antal personer i övriga delar av byggnaden överstiger varseblivnings- och besluts/reaktionstiden de 3 minuter till kritiska förhållanden uppstår i det nedre trapphuset. Det innebär att samtliga utrymmande personer från idrottshallen kommer att nyttja ett enda trapphus, något som kan innebära fara för utrymningssäkerheten med avseende på klämningsrisker.

7.4 Brand i kyrksal

7.4.1 Förutsättningar för CFAST

Eftersom religiös verksamhet bedrivs i byggnaden och flera kyrkor redan blivit utsatta i Jönköpingstrakten enligt David Högberg kan möjligheten för en anlagd brand inte uteslutas. För att kunna utvärdera ett värsta fall-scenario antas att branden anläggs inne i kyrksalen under en fullsatt gudstjänst med 600 deltagare vilket är det maximala antalet enligt objektets tidigare dimensionering. Vid högra sidan av kyrksalen finns ett bås med inspelningsmöjligheter, bakom detta bås står 10 staplar med trästolar med cirka 7 stolar i varje stapel. Mordbrännaren häller ut 5 liter bensin på kyrkgolvet som oavsiktligt bildar en cirkulär pöl under staplarna med stolar. Bensinen har förvarats dold i en ryggsäck före dådet. Pölen antas vara en millimeter tjock. Bensinen antänds och vad som sedan blir av mordbrännaren förtäljer inte denna rapport.



Staplade stolar vid inspelningsbås

$$V = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot h \Leftrightarrow 0{,}005 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot 0{,}001 \Leftrightarrow d = 2{,}52 \text{ m}$$

$$\begin{cases} \dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty}\left(1 - e^{-kd\beta}\right) \\ k\beta = 2{,}1 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \dot{m}'' = 0{,}055\left(1 - e^{-2{,}1 \cdot 2{,}52}\right) = 0{,}0547 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}}$$

Beräkning av pöldiameter och avbrinningshastighet (Drysdale, 1998)

$$\dot{Q} = A_f \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_{eff} = \left(\frac{2{,}52}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot 0{,}0547 \cdot 43{,}7 \cdot 0{,}7 = 8{,}3 \text{ MW}$$

Beräkning av effektutveckling för bensinen. Eftersom bensin är ett sotande bränsle har effektivitetskoefficienten satts till 0,7 (Drysdale, 1998)

$$\rho_{bensin} = 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{bensin} = 0{,}005 \text{ m}^3$$

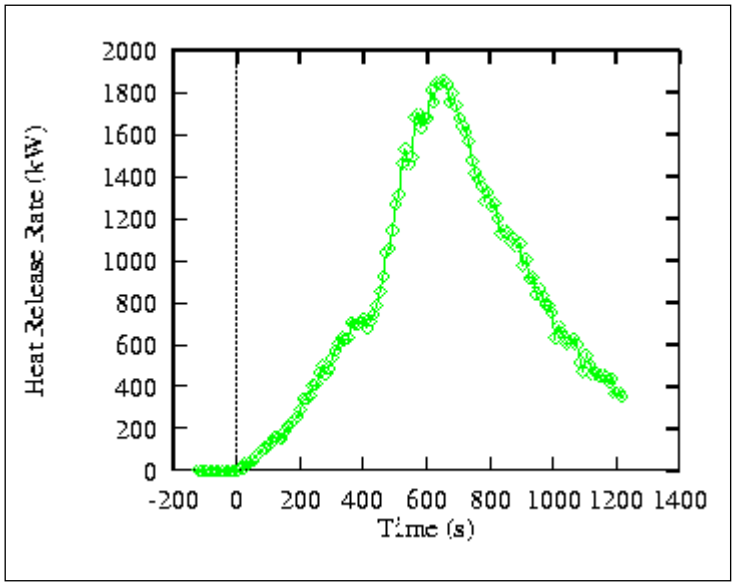
$$\Rightarrow m_{bensin} = V_{bensin} \cdot \rho_{bensin} = 0{,}005 \text{ m}^3 \cdot 740 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 3{,}7 \text{ kg}$$

Beräkning av bensinens massa

$$t = \frac{3{,}7\,\text{kg}}{0{,}0547\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} \cdot \left(\left(\frac{2{,}52}{2}\right)^2 \cdot \pi\right)\text{m}^2} = 15\,\text{s}$$

Beräkning av bränslets avbrinningstid

Bensinpölen antas tända och uppnå sin maximala effekt 8,3 MW nästan momentant. Det tar cirka 15 s för bensinpölen under stolstaplarna att brinna av, vilket är en rimlig tid eftersom tjockleken på pölen bara är en millimeter. Under den tiden antas ett antal av trästolarna hinna antända och när bensinen brunnit av fortsätter branden i stolarna att sprida sig och öka i styrka. Eftersom inga försök har gjorts med liknande stolar approximeras stolarna till lastpallar (NIST, 2004).



Figur 11 – Effektutveckling för lastpallar (NIST, 2004)

Experiment
Massa (kg)
21,9
19,2
24,8
18,9
21,5
20,5
21,3
Genomsnitt 21,2

Tabell 9 – Vägning av standard europapall

Eftersom en lastpall väger i genomsnitt 21,2 kg enligt tabell väger 4 stycken 85 kg. En stol väger cirka 5 kg. 17 stolar eller 2,4 staplar med stolar motsvarar därmed en stapel med lastpallar.

Antaganden:

- Lika material i lastpall/stol
- Kontaktytan med luft antas vara lika stor för de båda typerna av staplar.
- Effekten för stapeln med lastpallar kan skalas upp så den motsvarar 10 staplar med stolar.
- Standard europapall har använts i brandförsöket.

En stapel med lastpallar utvecklar effekten 1900 kW enligt diagrammet ovan. Eftersom 2,4 staplar med stolar motsvarar en stapel med lastpallar, det vill säga 1900 kW, kan detta enligt antagandet skalas upp: $10/2{,}4 \cdot 1{,}9 \approx 8\,\mathrm{MW}$
De 10 staplarna med stolar kan alltså utveckla den maximala effekten av 8 MW.

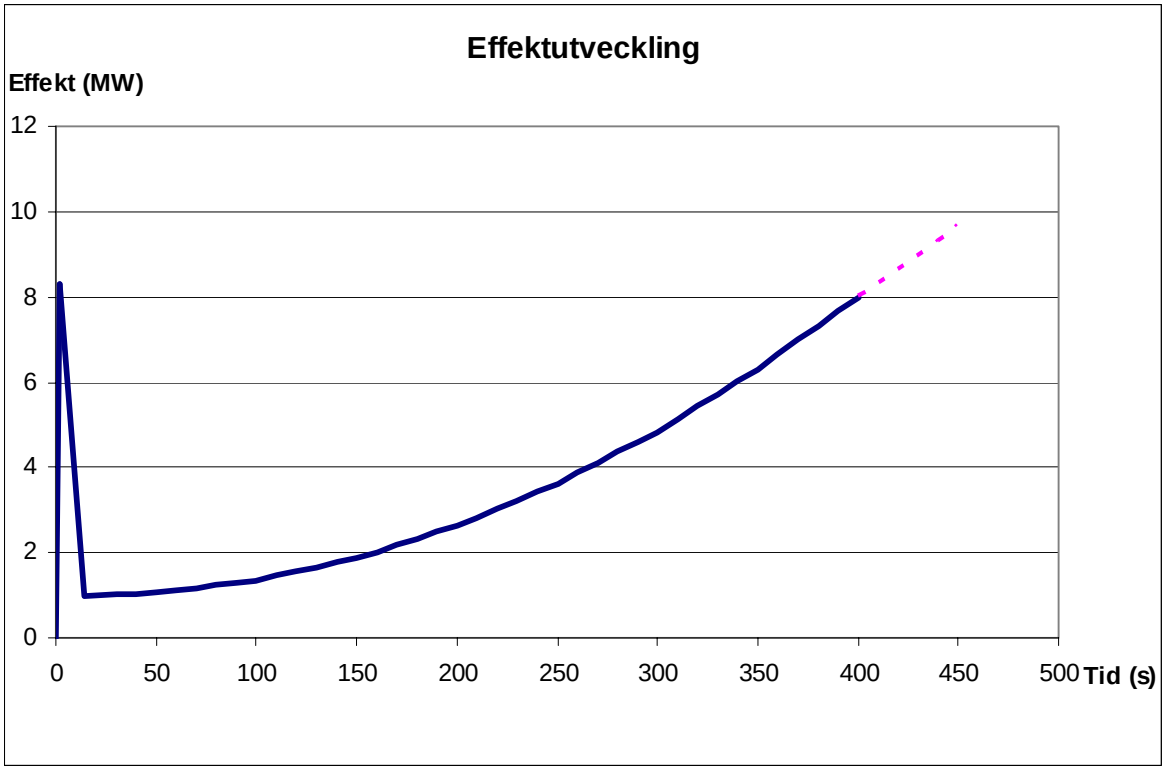


Diagram 4 – Effektutveckling för brand i kyrksal

Effektutvecklingskurvan över brandförloppet visar hur branden enligt beräkningarna utvecklas upp till 8,3 MW under 15 sekunder för att sedan sjunka kraftigt när bensinen brunnit ut. De stolar som då antänt antas utveckla effekten 1 MW. Branden i stolarna utvecklas enligt en fast-kurva och når då sitt maximala värde efter 400 s. Tiden till att träväggen antänder har beräknats till 30 sekunder baserat på effekten 8,3 MW (se bilaga E). Detta kan alltså inte ske när bensinen brinner utan måste ske senare när stolarna uppnått maximal effekt och strålar mot väggen. Därav den streckade fortsättningen på effektutvecklingskurvan. Eftersom kritiska förhållanden uppnås långt tidigare har inte detta granskats närmare. Kritisk höjd för brandgaslagret beräknas till 2,2 m.

7.4.2 Resultat från CFAST

Enligt simuleringarna är det brandgaslagrets höjd som blir dimensionerande faktor. Kritisk höjd uppnås efter 4 minuter och 20 sekunder. För diagram se bilaga D.3.

Brandgaslagerhöjd	4 min 20 s
Strålning från brandgaslager	9 min
Temperatur under brandgaslager	24 min 30 s

Tabell 10 – Tid till kritiska nivåer för kyrksal

7.4.3 Känslighetsanalys

Även en mindre brand med långsammare utveckling kan vara intressant att undersöka. Branden kan tänkas uppkomma av ett elfel i ljudbåsets elektronik och utvecklar sig enligt en medium-kurva. Detta för att simulera en långsammare brand än mordbranden. Enligt simuleringen nås brandgaslagrets kritiska höjd efter 400 s (se bilaga D.3).

Ytterligare en simulering gjordes i CFAST för att försöka uppskatta tiden fram till övertändning. Om utrymning ska tillåtas efter att kritiska förhållanden inträffat är det av stor vikt att övertändning inte sker under utrymningen. Samma förhållanden som tidigare användes förutom att effekten fick tillväxa obegränsat enligt en fast-kurva. Tiden till övertändning blev 17 minuter (se bilaga D.3). Detta visar att utrymning kan tillåtas fortsätta ytterligare några minuter efter att brandgaslagrets kritiska höjd uppnåtts utan risk för övertändning.



Brandgasluckor i kyrksalen

Så som angavs i objektsbeskrivningen av kyrksalen finns fyra brandgasluckor som består av fönster som är cirka 1x1 m^2 vardera. Dessa kan endast öppnas cirka 20 cm och får därför en största teoretisk area på 0,2 m^2 per fönster. Vid simulering har denna area använts och ingen

hänsyn har tagits till eventuell turbulens. Luckorna styrs med vajrar från sidorna av kyrksalen. Vajrarna vevas för hand och 35 varv krävs för att öppna brandgasluckorna. Kyrkans mötesvärdar får här en minut på sig att öppna luckorna vilket också inkluderar reaktions- och beslutstid. När alla brandgasluckor är öppna medför detta att brandgaslagrets höjd når den kritiska nivån efter 5 minuter. Denna åtgärd medför att tid till kritiska förhållanden förlängs med 40 sekunder. Ytterligare ett scenario med brandgasventilation har provats, där luckorna är på sammanlagt 4 m^2. Vid denna simulering når aldrig höjden på brandgaserna den kritiska nivån utan ett stationärt förhållande uppstår då brandgaserna ventileras ut lika snabbt som de produceras. För diagram se bilaga D.3.

7.4.4 Förutsättningar för Simulex

I detta scenario har åtskilliga simuleringar gjorts för att få en detaljerad bild av hur utrymning fungerar i tre olika grunduppställningar enligt följande, en full kyrksal om 600 personer förutsätts i samtliga fall och det som varieras är antalet personer utanför kyrksalen på kyrktorget. Med hjälp av stora luckor ovanför dörrarna till kyrksalen kan salen öppnas upp vilket möjliggör att åhörarantalet kan ökas vid behov. Olika begränsningar har också gjorts i vilka nödutgångar som är tillgängliga och hur många som går vägen förbi sina jackor.

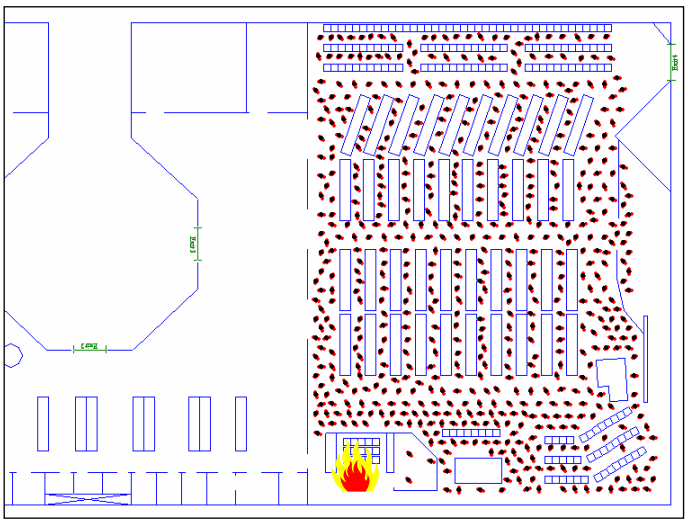
Brandens höga effektutveckling tillsammans med den snabba tillväxthastigheten och de mycket höga flammorna (se bilaga E) från bensinbranden gör att en mycket snabb varseblivningstid kan förutsättas i detta scenario. Tiden bedöms därför till endast 15 sekunder.

Det är ett rimligt antagande att människor blir chockade vid denna plötsliga livshotande fara. Beslutstiden kan därför förväntas bli en aning längre än normalt. Dock är det knappast någon som skulle försöka ge sig på branden, utan snarare förstår personerna att utrymning bör ske. Reaktionstiden bedöms därför till något kortare än vad som tidigare har hänvisats till, den totala besluts- och reaktionstiden antas därför vara 45 sekunder.

I de scenarion som det befinner sig personer utanför kyrksalen torde tiderna för att även de skall få nödvändig information för utrymning förlängas med ytterligare en halv minut. I fallet med den långsammare branden i elcentralen antas varseblivningstiden motsvaras av detektionstiden för rökdetektorn. Tiden beräknas till 45 sekunder med Detact T2 (se bilaga F). Besluts- och reaktionstiden i detta fall antas vara något längre än vid den anlagda branden eftersom branden inte är lika synlig och bedöms därför till en minut enligt tidigare resonemang.

7.4.5 Indata och resultat från Simulex

Den första grunduppställningen är med 600 personer i kyrksalen och inga personer utanför kyrksalen.

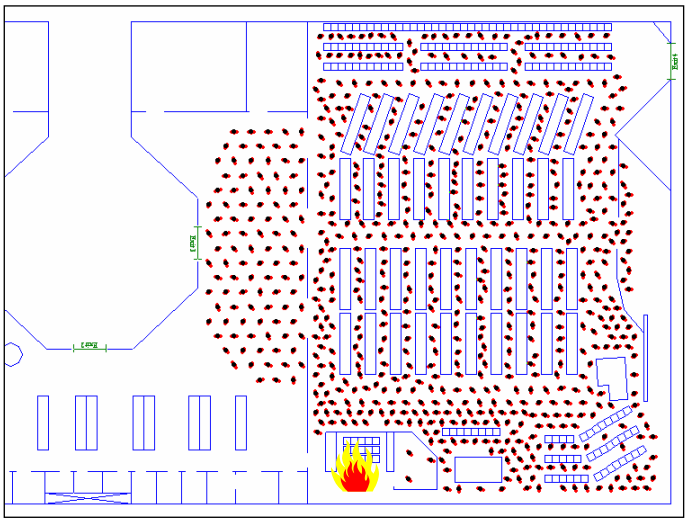


Figur 12 – Personfördelning för fullsatt kyrksal

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Kyrksal 600 personer	Alla utgångar tillgängliga, där alla utrymde mot närmsta utgång.	2 min 45 s (Fast brandutveckling) 3 min 15 s (Medium brandutveckling)
Kyrksal 600 personer	Alla utgångar tillgängliga, där 260 personer går vägen förbi sina jackor.	4 min (Fast) 4 min 45 s (Medium)

Tabell 11 – Resultat för utrymning av endast kyrksal

Den andra grunduppställningen är med 600 personer i kyrksalen och 100 personer utanför kyrksalen.

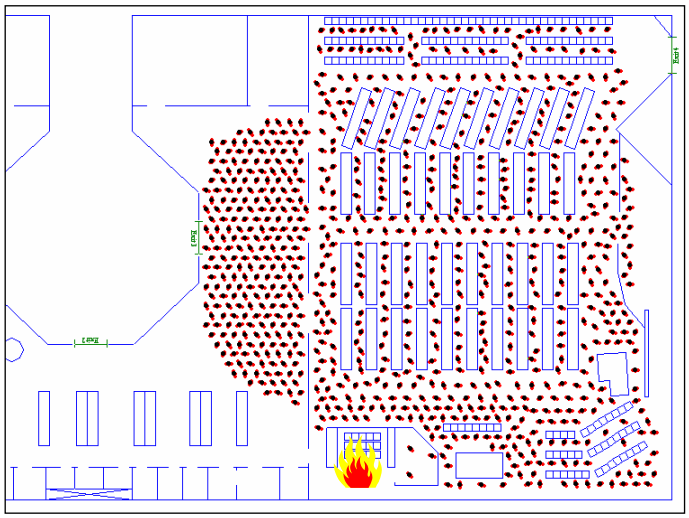


Figur 13 – Personfördelning för fullsatt kyrksal med 100 personer på kyrktorget

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Kyrksal 600 personer Kapprum 100 personer	Alla utgångar tillgängliga, där 113 personer går vägen förbi jackorna.	3 min 45 s (Fast) 4 min 30 s (Medium)
Kyrksal 600 personer Kapprum 100 personer	Alla utgångar tillgängliga, där 213 personer går vägen förbi sina jackor.	3 min 45 s (Fast) 4 min 30 s (Medium)

Tabell 12 – Resultat för utrymning av fullsatt kyrksal med 100 personer på kyrktorget

Den tredje grunduppställningen är med 600 personer i kyrksalen och 240 personer utanför kyrksalen.



Figur 74 – Personfördelning för fullsatt kyrksal med 240 personer på kyrktorget

Lokal och personantal	Förutsättningar	Total utrymningstid
Kyrksal 600 personer Kapprum 240 personer	Alla utgångar tillgängliga	3 min 45 s (Fast) 4 min 30 s (Medium)
Kyrksal 600 personer Kapprum 240 personer	Alla utgångar tillgängliga förutom den i kyrksalen som är blockerad.	4 min 30 s (Fast) 5 min 15 s (Medium)

Tabell 13 – Resultat för utrymning av fullsatt kyrksal med 240 personer på kyrktorget

7.4.6 Slutsats

Den kritiska nivå som först uppnås enligt simuleringen är brandgaslagrets höjd som når sin kritiska höjd efter 4 minuter och 20 sekunder. Temperaturen under brandgaslagret når inte sin kritiska nivå förrän efter 24 minuter och 30 sekunder, detta på grund av kyrksalens takhöjd och volym. Vid simuleringen då de utrymmande från kyrksalen använder den närmaste utgången och ingen går vägen via ytterplaggen kan utrymning ske med 1 minut och 30 sekunders marginal tills kritiska förhållanden uppnås. När 260 personer först hämtar sina jackor i samband med utrymning fås en marginal på endast 20 sekunder till kritiska förhållanden. Säker utrymning bör alltså kunna ske om ett begränsat antal personer hämtar sina jackor först, dock är det svårt att säga exakt hur många. Utrymning med folk på kyrktorget fungerar också tillfredsställande, även om vissa först hämtar sina jackor. Brandgaserna kyls på väg ned och detta medför att utrymning kan tillåtas ytterligare några minuter efter den kritiska höjden på brandgaslagret uppnåtts.

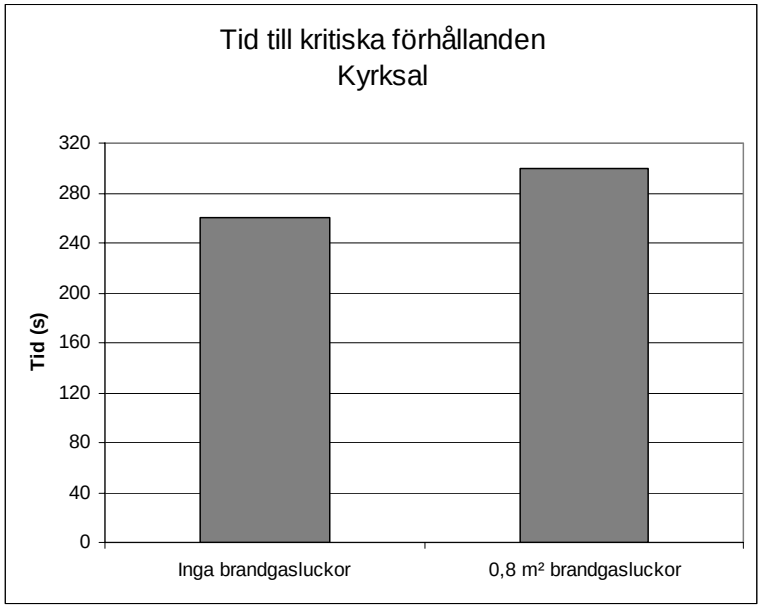


Diagram 5 – Resultat av känslighetsanalys för brandgasluckor i kyrksal

Känslighetsanalysen av scenariot med brandgasluckorna öppna är mycket intressant och visar hur brandgaslagrets höjd kan påverkas. Med nuvarande luckor öppna (0,8 m^2) förlängs tiden till kritiska förhållanden med 40 sekunder, se diagram ovan. Simuleringarna förutsätter att tilluftsöppningar finns tillgängliga. I scenariot kommer tilluften från fläkten och från dörr-öppningarna till kyrktorget. Vid simulering med 4 m^2 brandgasluckor nås aldrig den kritiska höjden 2,2 m vilket visar att brandgasventilation kan förlänga tid till kritiska förhållanden. Detta visar att den kritiska ventilationsarean ligger mellan 0,8 och 4 m^2. Eftersom samtliga luckor sitter på samma sida kan brandgasventilationen påverkas av vinden, främst om vinden blåser rakt mot luckorna.

Kyrksalens ytskikt är inte godkänt för en samlingslokal enligt nuvarande krav i Boverkets Byggregler (2002), kapitel 5:511, 513. Resultaten pekar ändå på att lokalen kan utrymmas tillfredställande med nuvarande ytskikt. Dock finns osäkerheter i använda datorprogram och indata som gör att det tekniska bytet av det automatiska brandlarmet som kompensation av ytskiktet inte kan verifieras.

7.5 Övriga brandscenarier

7.5.1 Bastu

Ett eventuellt brandtillbud skulle kunna inträffa i bastun i något av omklädningsrummen på övre källarplan. Ett bortglömt bastuaggregat med exempelvis en handduk ovanpå skulle kunna leda till en brand. Utnyttjandet av bastun sker förmodligen huvudsakligen under kvällstid när det är relativt få personer i byggnaden. Bastuaggregatet styrs av en timer och omklädningsrummen är försedda med värmedetektorer vilket gör att risken för ett allvarligare brandtillbud anses ringa.

7.5.2 Soprum

I anslutning till köket finns ett soprum där delar av avfallet från hela objektet samlas. Utrymmet är ganska litet (uppskattningsvis 4x3 meter) och försett med detektor. En brand skulle antagligen få små konsekvenser eftersom det inte finns stora mängder brännbart material och utrymmet ligger avsides i byggnaden. Detta förutsätter att dörren mot resten av byggnaden hålls stängd.

7.5.3 Pentry

I loftgången på andra våningen finns ett pentry bakom en skjutvägg. Det används vid de tillfällen när köket på entréplanet inte räcker till för matlagningen. Översikten över pentryt från entréplanet är dålig och eventuellt kan torrkokning inträffa vilket kan ge rökutveckling. Ovanför pentryt sitter dock en rökdetektor och risken för brandspridning anses liten vilket gör att scenariot troligtvis inte innebär någon större begränsning med hänsyn till Boverket.

7.5.4 Trapphus

Vid besöket upptäcktes att brännbart material förvarades i ett av trapphusen. En brand skulle kunna uppstå i detta material och rökfylla hela trapphuset. Detta försvårar utrymning från samtliga våningsplan. Konsekvenserna kan således bli stora men kan enkelt förebyggas varför scenariot inte studeras närmare. Se kapitel 10 för förslag till åtgärd.

7.5.5 Köket

Ett möjligt scenario skulle kunna vara en brand i köket på markplanet. Under objektsbesöket berättade personalen om en tidigare brand i ugnen. Det har också påpekats att kaffe-bryggaren saknar timer. Köket är utrustat med värmedetektorer och är dessutom under kontinuerlig uppsikt vid användning. Även om risken för antändning är måttlig så bedöms möjligheten till en omfattande brand innan den upptäcks till ringa och behandlas därför inte mer i denna rapport.

7.5.6 Andaktsrummet

Vid sidan av ingången till kyrksalen ligger ett andaktsrum. Här finns stolar, bord och en liten träorgel med mera. Ovanpå det lilla altaret och ovanpå en bokhylla finns stearinljus utplacerade. Ett brandtillbud skulle kunna orsakas av ett brinnande ljus. Andaktsrummet torde endast användas när ett mindre antal människor befinner sig i lokalerna. Dessutom finns det rökdetektorer i rummet som kan larma människor runt om i kyrkan. Konsekvenserna av en brand i andaktsrummet bedöms därför inte dimensionerande ur utrymningssynpunkt.

7.5.7 Ungdomssamlingslokal

På övervåningen är ett rum inrett för att hålla ungdomssamlingar. Här finns en öppen eldstad, biljardbord, soffor, bord och stolar. Enligt personal på platsen får inte eldstaden användas, dock finns ingen skylt som talar om detta. Det finns däremot en skylt som talar om hur eldstaden används.

I ungdomsverksamheten förekommer övernattningar. Det finns utförliga regler för hur dessa ska förberedas och genomföras, bland annat ska räddningstjänst informeras och ingen öppen eld får förekomma. Dock saknas regler för maximalt antal övernattande.

En brand skulle kunna inträffa både kvällstid under ungdomsverksamheten och nattetid i samband med övernattning. Men eftersom rummet är utrustat med värmedetektorer och det finns utförliga regler för hur övernattningar ska genomföras kommer inte detta scenario studeras närmare.

8 Sammanfattande värdering av säkerhetsnivån

Utrymningssäkerheten i Immanuelskyrkan kan efter de resultat som givits från simuleringarna betraktas som acceptabel. Överlag kan personer som vistas i byggnaden utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. I vissa fall inträffar kritiska förhållanden strax innan utrymningen avslutats. Underlaget är dock för osäkert för att underkänna personsäkerheten på grund av simuleringsprogrammens begränsningar.

Även om säkerhetsnivån anses acceptabel har en del brister upptäcks. Vissa kan lätt åtgärdas för att ytterligare höja personsäkerheten. Exempel på detta är undvikande av uppkilade dörrar och tydligare skyltning av utrymningsvägar. Klara rutiner för brandskydd och utrymning är även av vikt, vilket en väl fungerande och efterlevd SBA är en viktig del av.

Resultaten från de valda scenarierna visar på scoutförrådet som kyrkans svagaste punkt. Detta på grund av den höga brandbelastningen, långt gångavstånd till brandredskap och endast en utrymningsväg. Om en brand utbryter och blockerar ingången finns varken möjlighet att utrymma eller bekämpa branden.

9 Förslag till åtgärder

Mot bakgrund av iakttagelser vid studiebesöket och de resultat som simuleringarna gett **ska** följande åtgärder vidtagas för att brandskyddet skall upprätthållas på en acceptabel nivå:

• Utrymningsväg i allrummet rensas från blockerande möbler.

• Dörren mot det fria vid centralapparaten skyltas som utrymningsväg. Enligt Lagen om skydd mot olyckor är det skäligt att utgångsdörrar i utrymningsväg skyltas (Notisum, 2004).

• Brännbart material plockas bort från fläktrum och trapphus. En effektiv och enkel åtgärd för att minska risken för brand.

• Kilar som håller upp dörrar i källarvåningarna tas bort. Kilarna gör att brandcellsgränsen mister sin funktion.



Uppkilad dörr på nedre källarplan



Skräp i nedre trapphuset

• Hasparna på allrumsdörrarna tas bort. Även dessa skadar brandcellsindelningen.

• Fler handbrandsläckare placeras ut enligt Svenska Brandredskapsföreningens rekommendationer för att minska gångavståndet till närmaste släckare. Detta gäller främst scoutförrådet, nedre källarplan och allrummet.

• Uppföra en ny utrymningsväg från övervåningens scoutlokaler via det intilliggande konferensrummet ut till det övre trapphuset. Detta medför att tillfredställande utrymning kan ske även om loftgången utanför scoutlokalerna blockeras av rök.

Följande **bör** åtgärdas för att ytterligare förhöja brandskyddet:

• Gamla utrymningsskyltar byts ut mot nya enligt standard. Utrymningsskyltarna blir härmed enhetliga för hela byggnaden och tydligare för besökarna som annars kanske rangordnar utrymningsvägarna efter karaktär på skylt.

• Utrymningsvägen till vänster om altaren i kyrksalen rensas från skymmande växter och spanjolettkopplingen ersätts med godkänt nödbeslag. Även övriga nödutgångar bör ses över och förses med godkända nödbeslag.



Spanjolettkoppling på dörr i kyrksalen

• Den oskyltade utrymningsvägen i kyrksalen tas i bruk. Detta kan förkorta utrymningstiden av en fullsatt kyrksal.

• Risken för brandgasspridning via ventilationssystemet undersöks närmare. I nuläget är detta ej möjligt att genomföra på grund av bristande ritningsunderlag.

• Kilar och haspar ersätts med magnethållare för att dörrar fortfarande ska kunna stå uppställda, men kunna stängas automatiskt vid brand. Om kilar och dylikt tas bort utan att magnethållare installeras finns risken att nya kilar tillkommer efter hand.

• Personalen ges utbildning i brandsläckning. En enkel praktisk utbildning av mötesvärdar, scoutledare med flera kan avsevärt förbättra verksamhetens säkerhet.

• Automatisera brandgasluckorna så de styrs av kyrksalens rökdetektorer och slipper handvevas 35 varv. Genom denna förbättring uppfylls kyrkans policy om en god teknisk standard på brandskyddsinstallationer och ökar säkerheten vid utrymning. Vid en eventuell brand idag skulle brandgasluckorna troligen bara användas av räddningstjänsten vid eftersläckning och vädring. Resultaten visar även att ventilationsarean bör ökas från nuvarande 0,8 m^2. Luckorna kan flyttas till taket, där ett ständigt undertryck råder, vilket minimerar risken för funktionsproblem på grund av vindpåverkan. Alternativt byggs fönster på motsatt sida av kyrksalen så att även de kan fungera som brandgasluckor.

• Undersöka eventuell brandgasspridning mellan brandceller via ventilationsystemet. På grund av brist på ritningsunderlag har inte detta kunnat studeras.

10 Referenslista

Litteratur

Boverket (2002) Boverkets Byggregler, BBR. *Boverkets författningssamling 2002:19*. Karlskrona: Boverket

Boverket (2004) Utrymningsdimensionering. *Boverkets rapporter*. Karlskrona: Boverket

Drysdale, D. (1998) *An introduction to fire dynamics 2nd edition*. Chicester: Wiley & Sons, Inc.

Forney, G.P., Jones, W.W., Peacock, R.D., Portier, R.M., Reneke, P.A. (1993) CFAST, the Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport. *NIST Technical Note 1299*. Springfield: NTIS

Frantzich, H. (2000) Tid för utrymning vid brand. *FoU-rapport P21-365*. Karlstad: Räddningsverket

Johansson, B. (2004) Analys av utrymningssäkerheten vid nattklubben Underbar i Skellefteå. *Rapport 5135*. Lund: Brandteknik, LTH

Jönsson, R., Bengtsson, S., Frantzich, H. (red:er) (2002) Brandskyddshandboken. *Rapport 3117*. Lund: Brandteknik, LTH

Karlsson, B., Quintierie, J. G. (1999) *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton: CRC Press

Internet

Arbetarskyddsstyrelsen (1998) *Varselmärkning och varselsignalering på arbetsplatser*. Tillgänglig på Internet: http://www.av.se/regler/afs/ursprungs-afs/ursprungs-afs1997_11.pdf (Hämtad 2004-11-12)

NIST (2004) *BFRL: Fire on the Web – Fire experiments results*. Tillgänglig på Internet: http://fire.nist.gov/fire/fires/fires.html (Hämtad 2004-11-12)

Notisum (2004) *Lag (2003:778) om skydd mot olyckor*. Tillgänglig på Internet: http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030778.htm (Hämtad 2004-11-19)

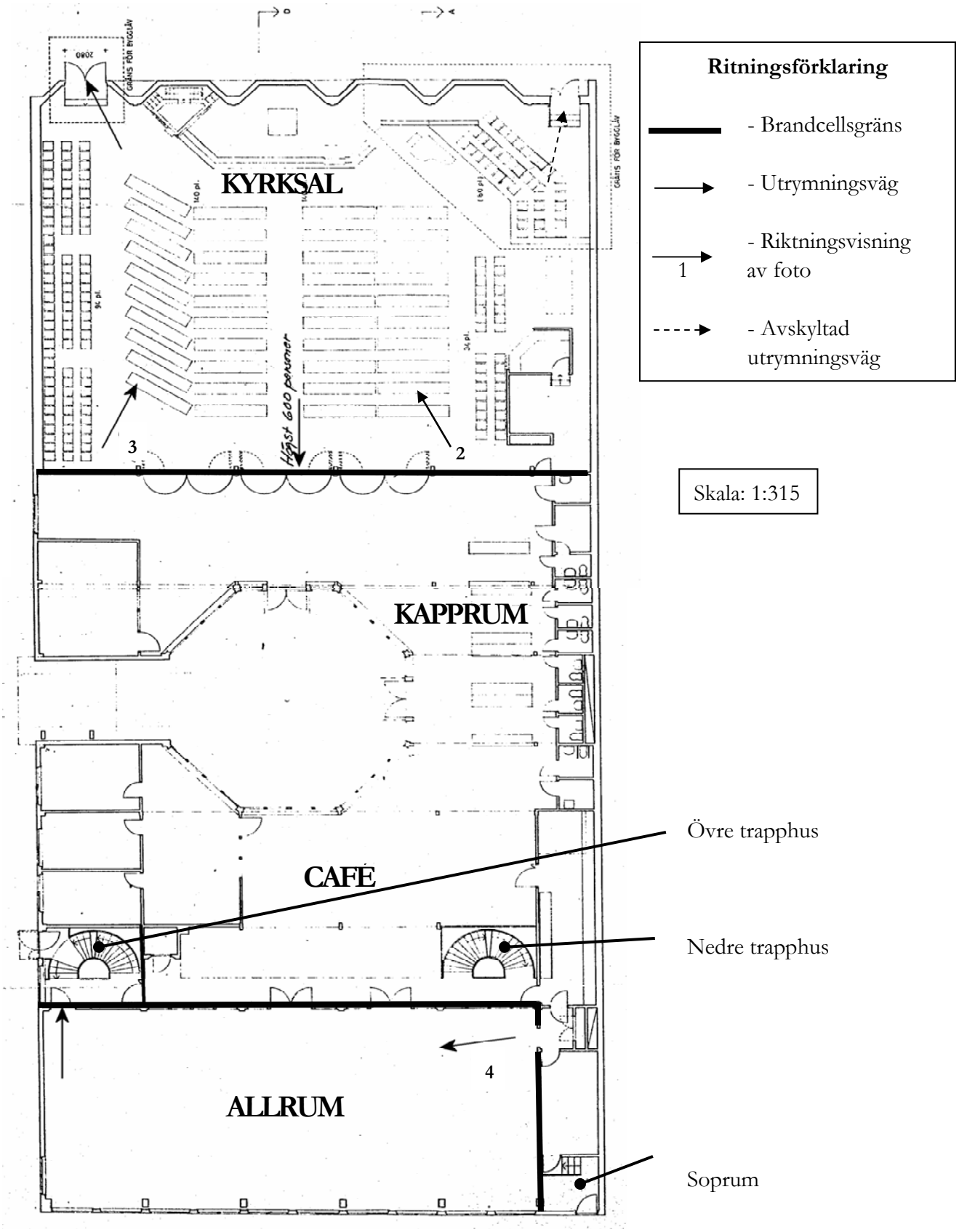
IES (2004) *IES :: PRODUCTS :: VE/Evacuation applications :: Simulex*. Tillgänglig på Internet: http://www.ies4d.com/content/mediaassets/pdf/simulex2pager.pdf (Hämtad 2004-11-19)

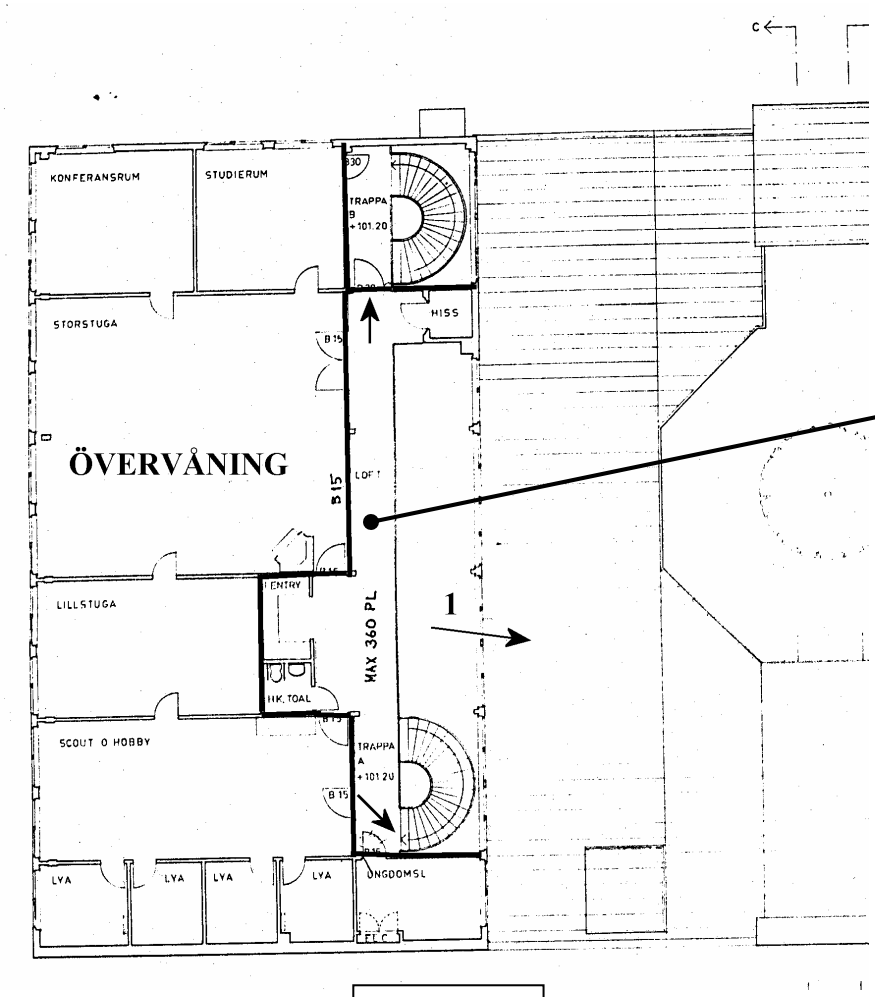
Övriga

David Högberg, Räddningstjänsten Jönköping: Muntligen och e-post

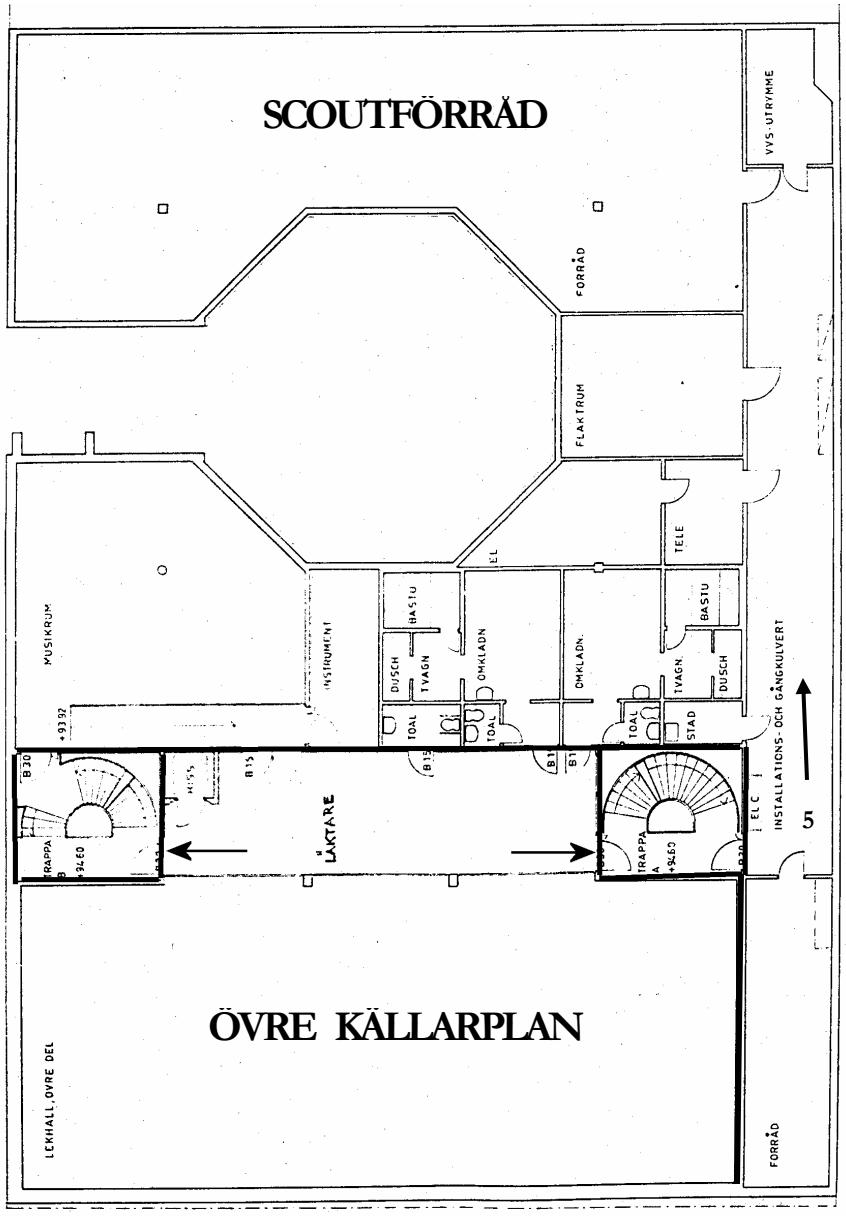
Vincent Ottosson, ventilationsansvarig Immanuelskyrkan: Muntligen

Bilaga A – Objektsritningar

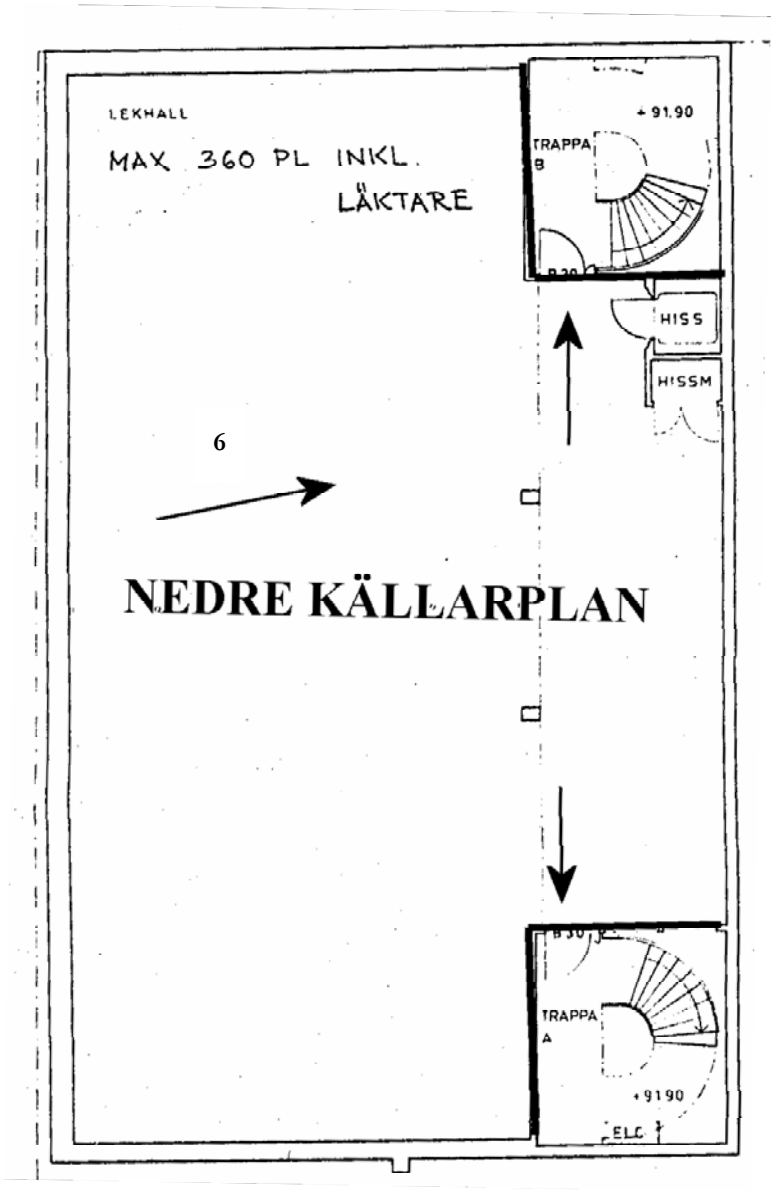



KONFERANSRUM
STUDIERUM
TRAPPA B +101.20
HISS
STORSTUGA
ÖVERVÅNING
LOFT
LILLSTUGA
ENTRY
HK. TOAL
MAX 360 PL
1
SCOUT O HOBBY
TRAPPA A +101.20
LYA
LYA
LYA
LYA
UNGDOMSL
Loftgång

Skala: 1:278


SCOUTFÖRRÅD
VVS-UTRYMME
FÖRRÅD
FLAKTRUM
TELE
EL
MUSIKRUM
INSTRUMENT
DUSCH
BASTU
TVÄGN
OMKLADN
TOAL
STÄD
INSTALLATIONS- OCH GÅNGKULVERT
ELC
5
LÄKTARE
TRAPPA
LEKHALL, ÖVRE DEL
ÖVRE KÄLLARPLAN

Skala: 1:267


LEKHALL
MAX 360 PL INKL.
LÄKTARE
+91.90
TRAPPA
B
HISS
HISSM
6
NEDRE KÄLLARPLAN
TRAPPA
A
+9190
ELC

Skala: 1:180

Bilaga B – SBA-utkast

Systematiskt brandskyddsarbete för Immanuelskyrkan i Jönköping

Arbetsutkast 040802 Göran Melin

Policy

Immanuelskyrkans församling skall arbeta för ett brandskydd som skyddar liv, hälsa och egendom och som främjar vår församling. Alla som besöker vår kyrka skall känna trygghet vad gäller brandskydd och möjligheter till säker utrymning.

Arbetet skall bedrivas genom:

- God kunskap hos anställda och andra som deltar i församlingens verksamhet och grupper.
- Egenkontroller av brandskyddet vid såväl aktiviteter i kyrkan som vid särskilda brandskyddskontroller.
- God teknisk standard på brandskyddsinstallationer

Ansvar och organisation

Det yttersta ansvaret för brandskyddet ligger på Församlingsstyrelsen. Arbetsuppgifter vad gäller brandskyddet är delegerat enligt nedan.

Funktion/Person	**Ansvar**	**Kommentar**
Församlingsstyrelsen	Ytterst ansvarig för brandskyddet	Antar policy och beslutar om större investeringar vad gäller brandskydd
Fastighetsutskott	Sammankallande i Fastighetsutskottet Rolf Janalm är brandskyddsansvarig	Tillser att policyn och dess efterverkaningar i form av utbildningar, regler, rutiner etc. följs. Delegerar också uppgifter till övriga i brandskyddsorganisationen
Fastighetskommitté	Göran Melin i Fastighetskommittén är brandskyddshandläggare	Tillser att det systematiska brandskyddsarbetet aktivt fortgår. Genomför brandskyddsutbildningar och informationer. Bevakar att egenkontroller genomförs och rapporterar till brandskyddsansvarig.
Vaktmästare (anställd)	NN är brandskyddskontrollant	Genomför kontroller enligt

		Kontroll och underhåll.
Anläggningsskötare	Göran Melin, Anders Bälter och Hans Ljungdahl är delegerade att vara anläggningsskötare	Göran Melin ansvarar för månads och kvartalsprov.
Kyrkvärdar	Ansvarar för utrymningsvägar, larmning och släckförsök i samband med möten och samlingar.	Genomför kontroller enligt *Kontroll och underhåll.*
Pastorer, diakon, ungdomsledare och andra som leder samlingar	Ansvarar för att utrymning sker och anvisar utrymningsvägar	
Ledare och sammankallande för församlingens och SMU´s grupper och verksamheter	Ansvarar för att utrymning, larmning och släckförsök sker vid brand	

Utbildning

Följande informationer och utbildningar skall genomföras för att möjliggöra ett bra brandskydd. Brandskyddsansvarig tillser att grupper kallas och brandskyddshandläggaren ansvarar för genomförandet av utbildningarna.

Funktion/Person	**Utbildning/Information**	**Intervall**
Församlingsstyrelsen	Information om brandskyddsansvaret	Vart tredje år
Fastighetsutskott	Information om nyheter inom brandskyddsområdet	Löpande
Anställda	Allmän brandutbildning med tyngdpunkt på utrymning och larmning samt förebyggande åtgärder	Vart tredje år
Vaktmästargrupp	Allmän brandutbildning med tyngdpunkt på utrymning och larmning samt förebyggande åtgärder	Varje år
Kyrkvärdar	Allmän brandutbildning med tyngdpunkt på utrymning och larmning samt förebyggande åtgärder.	Vart annat år
Ledare inom SMU	Allmän brandutbildning med tyngdpunkt på utrymning och	Vart tredje år

	larmning samt förebyggande åtgärder	
Anläggningsskötare	Information	Vid behov

Instruktioner och rutiner

Personantal

Immanuelskyrkans lokaler är godkända för följande personantal.

Lokal	**Personantal**	**Anmärkning**
Kyrksal	600	Extrastolar skall vara kopplade och ställas upp enligt plan i *Regler för användning av Immanuelskyrkan lokaler*
Allrum	400	
Lekhall inklusive musikrum	360	
Övervåning	360	
Hela fastigheten samtidigt	870	

Utrymning

Vid varje samling (även uthyrning) i kyrkan skall utbildade församlingsvärdar vara tillgängliga i tillräcklig omfattning. Vid fullsatt kyrka skall det finnas minst åtta värdar.
Följande uppgifter skall vara fördelade på värdar som tjänstgör

- Ansvar för att belysning tänds
- Ansvar för att öppna nödutgångar
- Ansvar för att undersöka varifrån rök eller brandlarm kommer
- Larmning via telefon 112.
- Släckförsök alternativt stänga dörrar till utrymmet där det brinner.
- Ansvar för att rondera i alla upplåsta utrymmen i kyrkan under pågående samling för att vara observant på eventuella tillbud eller sjukdomsfall

Kyrkan är utrustad med nödbelysning i form av vägledande markering (gröna utgångsskyltar) som ständigt lyser och som är strömförsörjda med batterier som räcker i minst 120 minuter vid strömavbrott. Om skyltar har slutat lysa skall vaktmästare informeras för byte av lysrör eller lampor.

Larmning

Vid brand, översvämning eller annan olyckshändelse så skall Räddningstjänsten larmas på telefon 112. Även ambulans tillkallas på telefon 112. Vid behov av kontakt med anläggningsskötare i icke brådskande fall så kan SOS kontaktas på telefon 036-144200.

Automatiskt brandlarm

Det automatiska brandlarmet är anslutet till SOS Alarm vilket innebär att SOS får alla larm och larmar ut räddningstjänsten. Om det automatiska brandlarmet har löst ut skall någon undersöka varifrån larmet kommer och vad det beror på. När detta är klart skall alltid SOS Alarm kontaktas på telefon 112 och informeras om vad som hänt. Detta gäller såväl vid brand som vid felaktigt larm.

Bortkopplingar av det automatiska brandlarmet får utföras av anläggningsskötare eller av annan som erhållet instruktioner och fått ett godkännande av anläggningsskötare, brandskyddshandläggare eller brandskyddsansvarig. Bortkoppling skall ske vid heta arbeten, användande av rökmaskiner, luciatåg, våffelbakning eller annat som kan orsaka rökutveckling. Vid bortkoppling skall manuell bevakning ordnas i tillräcklig omfattning.

Brandredskap

Brandredskap i form av skumsläckare finns utplacerade i kyrkan och skyltade.

Rökventilation

I kyrksalen finns luckor för rökventilation.

Heta arbeten

Inga heta arbeten får genomföras utan godkännande av Brandskyddsansvarig eller av brandskyddshandläggaren. Personal som utför så kallade Heta arbeten skall inneha gällande certifikat för utbildning i heta arbeten utfärdat av Svenska brandskyddsföreningen. Före arbetet påbörjas skall brandlarm frånkopplas och ersättas med manuell bevakning.

Rökning

Rökning är ej tillåten i Immanuelskyrkan

Levande ljus

I Immanuelskyrkan får endast ljusstakar av obrännbart material användas. Inga ljus får lämnas utan ständig tillsyn annat än ljusbärare i kyrksal och ljus på bord i Cafeteria. Ljusbärare skall släckas vid låsning av kyrkan. Om ljus används av luciatåg skall brandlarm frånkopplas.

Möblering

All möblering skall ske så att aldrig nödutrymning förhindras. Bestämmelser för möblering finns i *Regler för användning av Immanuelskyrkan lokaler*. Grundregeln är att en gång mot en utrymningsdörr aldrig får bli smalare än dörrens bredd.

Övernattning

Övernattning får ske i Immanuelskyrkan under förutsättning att *Regler för övernattning i Immanuelskyrkans lokaler i Jönköping* följs.

Teknisk brandskyddsbeskrivning

< Infoga ritning med brandcellsgränser och brandredskap>
< Infoga kopia på utrymningsplan>
<Infoga beskrivning över automatiskt brandlarm>

Drift och underhåll

Installation	**Kontrollblad nr**	**Intervall**	**Utförs av**
Handbrandsläckare	1	Månadsvis	
Handbrandsläckare		1 gång per år	Avtal med brandredskapsfirma
Utrymningsvägar	2	Månadsvis	Brandskyddskontrollant
Utrymningsplan	3	Två gånger per år	Brandskyddshandläggare
Brandfiltar	4	Månadsvis	Brandskyddskontrollant
Brandcellsgräns	5	Månadsvis	Brandskyddskontrollant
Ordning och reda	6	Månadsvis	Brandskyddskontrollant
Elektrisk utrustning	7	En gång per år	El-ansvarig i fastighetskommittén Hans Ljungdahl
Nödljus	8 armaturer	Månadsvis	Brandskyddskontrollant
Nödljus	8 batterier	Två gånger per år	Brandskyddshandläggare
Automatiskt brandlarm	9	Månadsvis	Brandskyddshandläggare
Automatiskt brandlarm	Service och kontroll	En gång per år	Avtal med brandlarmsfirma
Automatiskt brandlarm	Revisionsbesiktning	En gång vart annat år	Auktoriserad revisionsfirma
Brandgasventilation	10	En gång per år	Brandskyddshandläggare

Kontroll och uppföljning

Brandskyddshandläggare ansvarar för att kontroller och underhåll följs upp och sammanställs. Brandskyddsansvarig ansvarar för att åtgärder som behöver vidtas som en följd av brandskyddspolicyn kommer till stånd.
Alla brandtillbud eller andra tillbud som i sin förlängning kan orsaka brand eller annan skada skall rapporteras till brandskyddshandläggare eller brandskyddsansvarig.
Det systematiska brandskyddsarbetet skall årligen redovisas för församlingsstyrelsen.

Bilagor

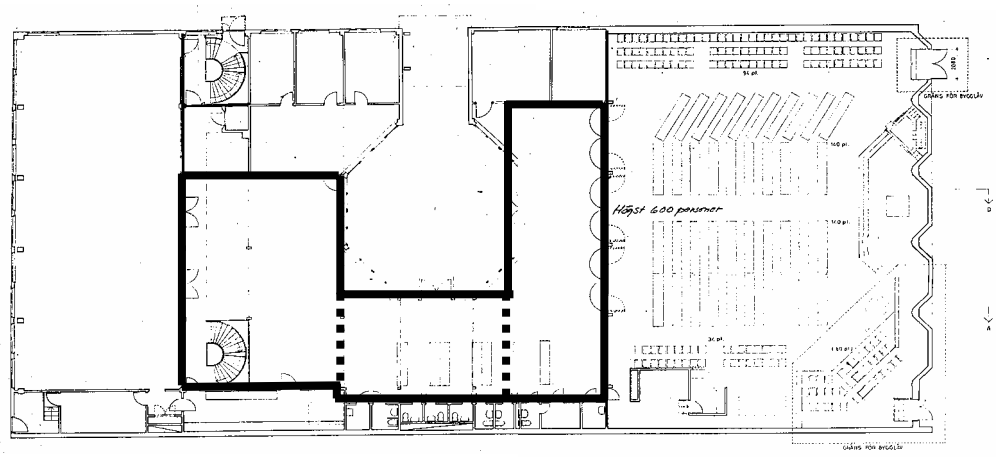
Kontrollblad

Bilaga C – Indata CFAST-simuleringar

C.1 Brand i kapprum

```
VERSN    3Three Compartment Base Case
#VERSN 3 Three Compartment Base Case
TIMES    962      0     10     20      0
DUMPR K5MWGIPS.HIS
ADUMP K5MWGIPS.TXT NS
TAMB  293.150        101300. 0.000000
EAMB  293.150        101300. 0.000000
HI/F  0.000000 0.000000 0.000000
WIDTH  11.0000  7.00000  13.0000
DEPTH  7.20000  20.0000  10.0000
HEIGH  2.60000  2.60000  6.50000
CEILI HARDBDHD HARDBDHD HARDBDHD
WALLS GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#CEILI HARDBDHD HARDBDHD HARDBDHD
#WALLS GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM
#FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE
HVENT  1  2  1  7.20000  2.60000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  2  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
HVENT  1  3  1  7.20000  2.60000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  3  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
CHEMI  16.0000  50.0000  10.0000 1.95000E+007  293.150  493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME       18.0000       36.0000       54.0000       72.0000       90.0000       108.000       126.000       144.000
162.000       800.000       818.000       836.000       854.000       872.000       890.000       908.000       926.000
944.000       962.000
FMASS      0.000000     0.00311705      0.0124682      0.0280534      0.0498727      0.0779262       0.112214
0.152735       0.199491       0.256410       0.256410       0.199491       0.152735       0.112214      0.0779262
0.0498727      0.0280534      0.0124682     0.00311705       0.000000
FQDOT       0.000000        60782.4        243130.        547042.        972518.  1.51956E+006  2.18817E+006
2.97834E+006  3.89007E+006  5.00000E+006  5.00000E+006  3.89007E+006  2.97834E+006
2.18817E+006  1.51956E+006        972518.        547042.        243130.        60782.4       0.000000
HCR       0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000
0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000
0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000      0.0800000
```

OD 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
CO 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
SELECT 1 2 3
#GRAPHICS ON
DEVICE 1
WINDOW 0. 0. -100. 1280. 1024. 1100.
LABEL 1 970. 960. 0. 1231. 1005. 10. 15 00:00:00 0.00 0.00
GRAPH 1 100. 50. 0. 600. 475. 10. 3 TIME HEIGHT
GRAPH 2 100. 550. 0. 600. 940. 10. 3 TIME CELSIUS
GRAPH 3 720. 50. 0. 1250. 475. 10. 3 TIME FIRE_SIZE(kW)
GRAPH 4 720. 550. 0. 1250. 940. 10. 3 TIME O|D2|O()
HEAT 0 0 0 0 3 1 U
HEAT 0 0 0 0 3 2 U
HEAT 0 0 0 0 3 3 U
TEMPE 0 0 0 0 2 1 U
TEMPE 0 0 0 0 2 2 U
TEMPE 0 0 0 0 2 3 U
INTER 0 0 0 0 1 1 U
INTER 0 0 0 0 1 2 U
INTER 0 0 0 0 1 3 U
O2 0 0 0 0 4 1 U
O2 0 0 0 0 4 2 U
O2 0 0 0 0 4 3 U

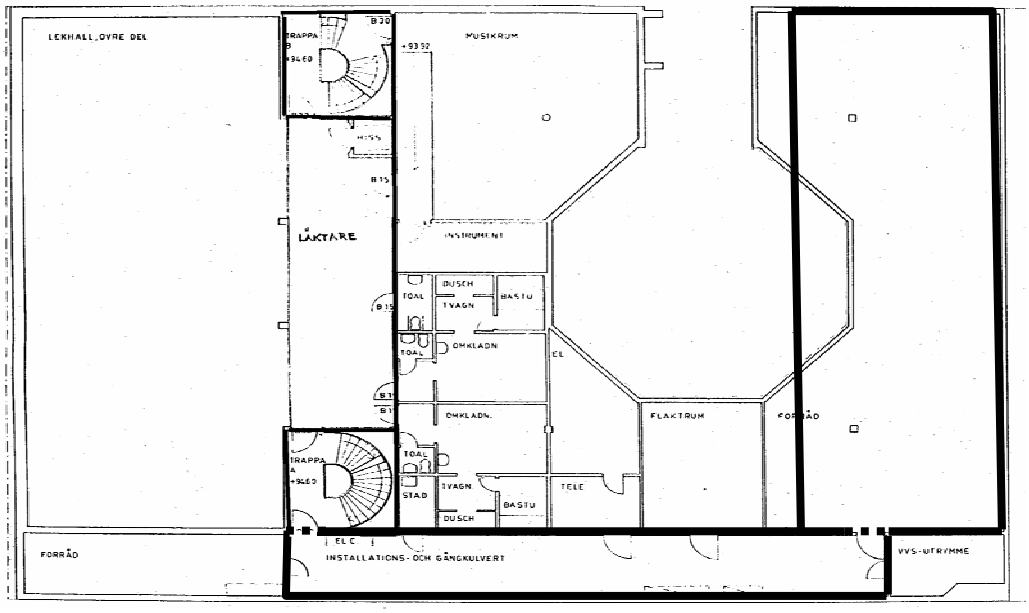


Fet linje markerar rumsindelning i CFAST.
Streckad linje markerar öppning.

C.2 Brand i scoutförråd

```
VERSN    3Two Compartment Base Case
#VERSN 3 Two Compartment Base Case
TIMES   1813      0     10     20      0
DUMPR SCOUT.HIS
ADUMP SCOUT.TXT N
TAMB  293.150        101300. 0.000000
EAMB  293.150        101300. 0.000000
HI/F  0.000000 0.000000
WIDTH  7.00000  2.80000
DEPTH  23.8000  24.0000
HEIGH  2.40000  2.40000
CEILI CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE
#CEILI CONCRETE CONCRETE
#WALLS CONCRETE CONCRETE
#FLOOR CONCRETE CONCRETE
HVENT  1  2  1 0.910000  2.13000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  2  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
HVENT  2  3  1 0.900000  2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  2  3  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
CHEMI  16.0000  50.0000  10.0000 1.95000E+007  293.150  493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME       34.0000       68.0000       102.000       136.000       170.000       204.000       238.000       272.000
313.000       1500.00       1534.00       1568.00       1602.00       1636.00       1670.00       1704.00       1738.00
1772.00       1813.00
FMASS      0.000000   0.000694785    0.00277914    0.00625308     0.0111166     0.0173696     0.0250123
0.0340445     0.0444663      0.235897      0.235897     0.0467844     0.0360766     0.0267583     0.0188295
0.0122904    0.00714077    0.00338077    0.00101032      0.000000
FQDOT      0.000000       13548.3       54193.3       121935.       216773.       338708.       487740.       663868.
867092.  4.60000E+006  4.60000E+006       912296.       703493.       521786.       367176.       239662.
139245.       65925.0       19701.3      0.000000
HCR       0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000
0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000
0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000
OD        0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
```

CO 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000
SELECT 1 2 0
#GRAPHICS ON
DEVICE 1
WINDOW 0. 0. -100. 1280. 1024. 1100.
LABEL 1 970. 960. 0. 1231. 1005. 10. 15 00:00:00 0.00 0.00
GRAPH 1 100. 50. 0. 600. 475. 10. 3 TIME HEIGHT
GRAPH 2 100. 550. 0. 600. 940. 10. 3 TIME CELSIUS
GRAPH 3 720. 50. 0. 1250. 475. 10. 3 TIME FIRE_SIZE(kW)
GRAPH 4 720. 550. 0. 1250. 940. 10. 3 TIME O|D2|O()
HEAT 0 0 0 0 3 1 U
HEAT 0 0 0 0 3 2 U
TEMPE 0 0 0 0 2 1 U
TEMPE 0 0 0 0 2 2 U
INTER 0 0 0 0 1 1 U
INTER 0 0 0 0 1 2 U
O2 0 0 0 0 4 1 U
O2 0 0 0 0 4 2 U



Fet linje markerar rumsindelning i CFAST.
Streckad linje markerar öppning.

C.3 Brand i kyrksal

```
VERSN    3One Compartment Base Case
#VERSN 3 One Compartment Base Case
TIMES   6200      0     10     20      0
DUMPR KYRKSAL.HIS
ADUMP KYRKSAL.TXT N
TAMB  293.150        101300. 0.000000
EAMB  293.150        101300. 0.000000
HI/F  0.000000
WIDTH  27.0000
DEPTH  22.0000
HEIGH  8.50000
CEILI SOFTWOOD
WALLS SOFTWOOD
FLOOR CONCRETE
#CEILI SOFTWOOD
#WALLS SOFTWOOD
#FLOOR CONCRETE
HVENT  1  2  1  2.20000  2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  2  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
HVENT  1  2  2  2.20000  2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  2  2       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
HVENT  1  2  3  2.20000  2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  2  3       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
CHEMI  16.0000  50.0000  10.0000 1.95000E+007  293.150  493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME       1.00000       2.00000       3.00000       4.00000       5.00000       6.00000       7.00000       8.00000
10.0000       13.0000       14.0000       194.000       284.000       285.000       290.000
FMASS      0.000000      0.425641      0.425641      0.425641      0.425641      0.425641      0.425641      0.425641
0.425641      0.425641      0.425641      0.102564      0.410256      0.410256      0.415385      0.441026
FQDOT      0.000000  8.30000E+006  8.30000E+006  8.30000E+006  8.30000E+006  8.30000E+006
8.30000E+006  8.30000E+006  8.30000E+006  8.30000E+006  8.30000E+006  2.00000E+006
8.00000E+006  8.00000E+006  8.10000E+006  8.60000E+006
```

HCR 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000 0.0800000

OD 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000

CO 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000 0.0300000

SELECT 1 0 0

#GRAPHICS ON

DEVICE 1

WINDOW 0. 0. -100. 1280. 1024. 1100.

LABEL 1 970. 960. 0. 1231. 1005. 10. 15 00:00:00 0.00 0.00

GRAPH 1 100. 50. 0. 600. 475. 10. 3 TIME HEIGHT

GRAPH 2 100. 550. 0. 600. 940. 10. 3 TIME CELSIUS

GRAPH 3 720. 50. 0. 1250. 475. 10. 3 TIME FIRE_SIZE(kW)

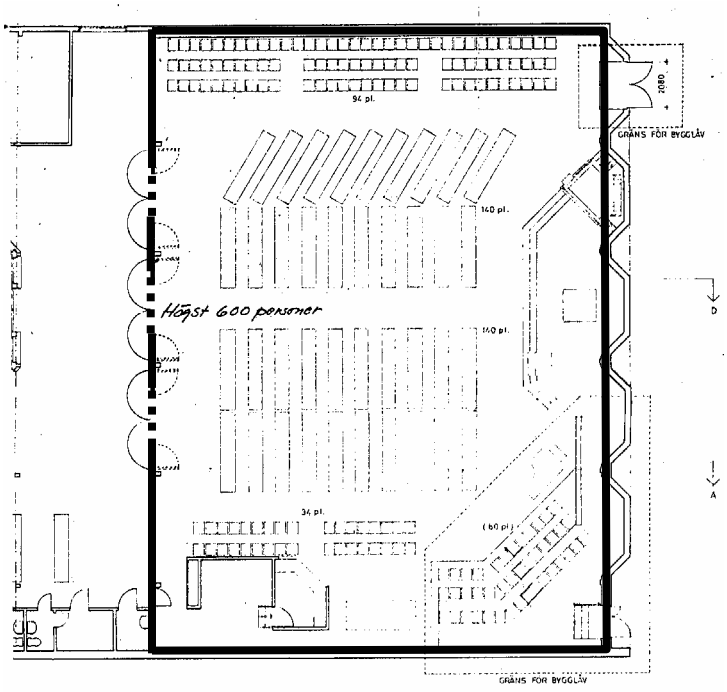
GRAPH 4 720. 550. 0. 1250. 940. 10. 3 TIME O|D2|O()

HEAT 0 0 0 0 3 1 U

TEMPE 0 0 0 0 2 1 U

INTER 0 0 0 0 1 1 U

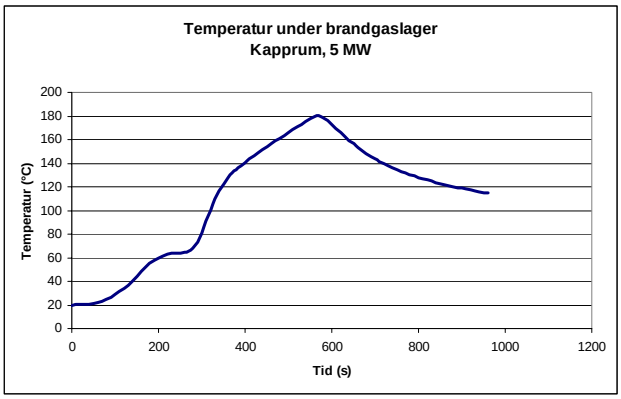
O2 0 0 0 0 4 1 U

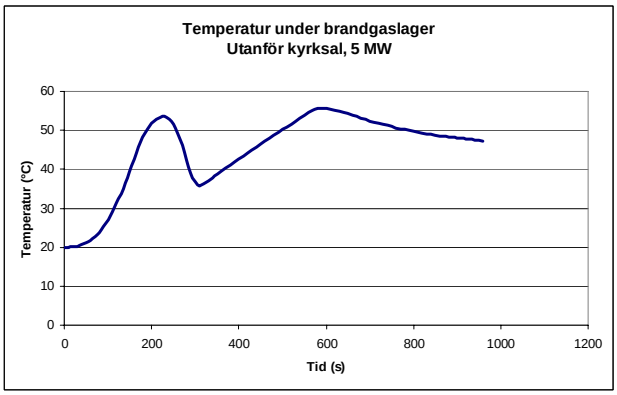


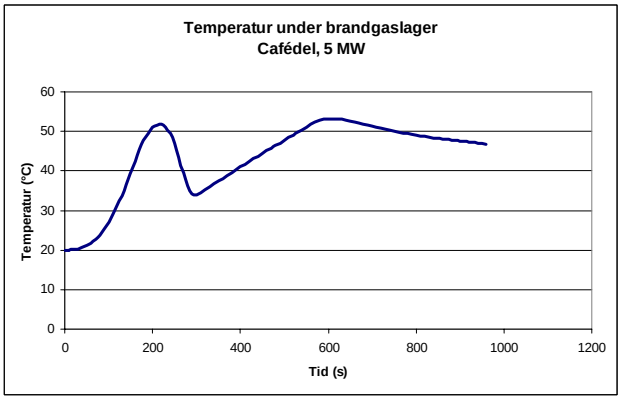
Fet linje markerar rumsindelning i CFAST.
Streckad linje markerar öppning.

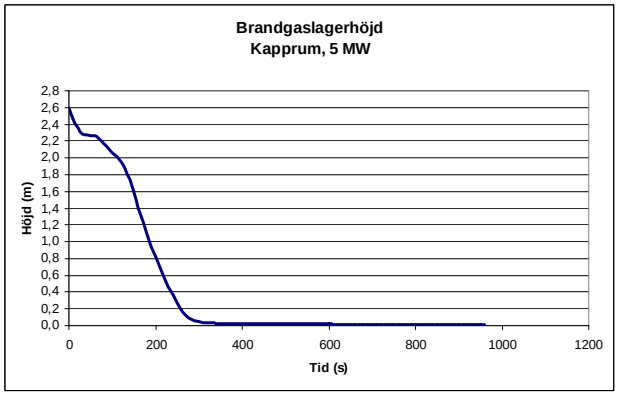
Bilaga D – Resultatdiagram för CFAST

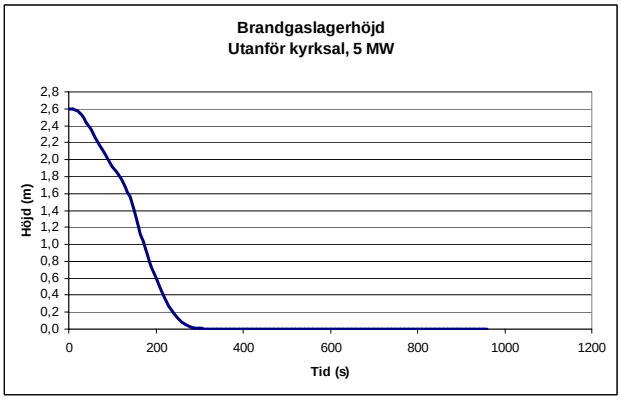
D.1 Brand i kapprum

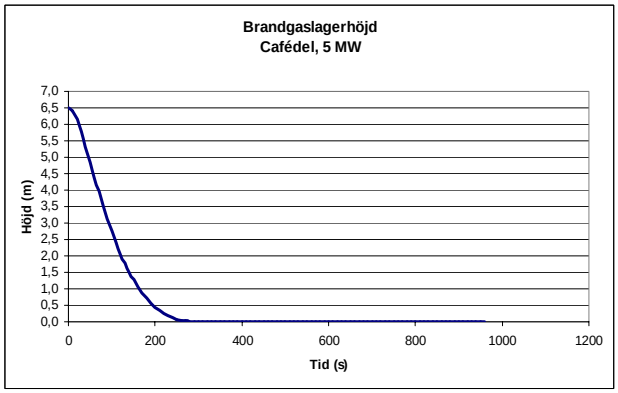


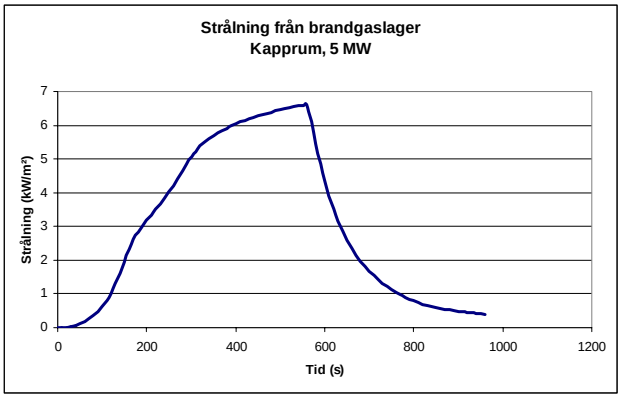


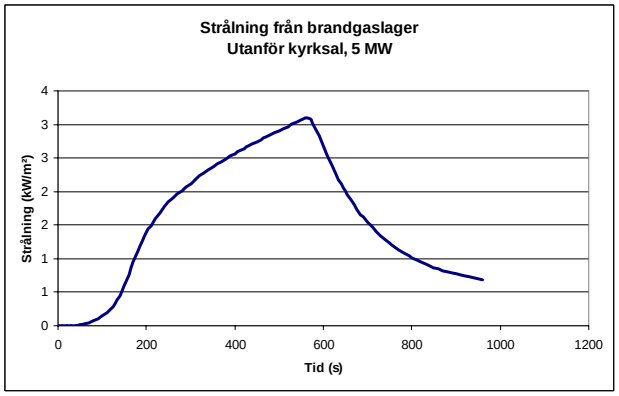


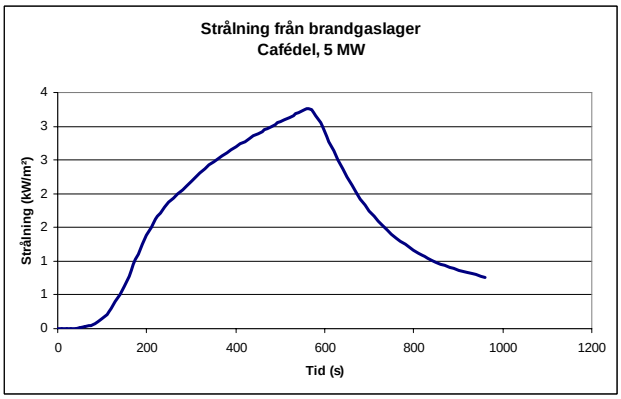


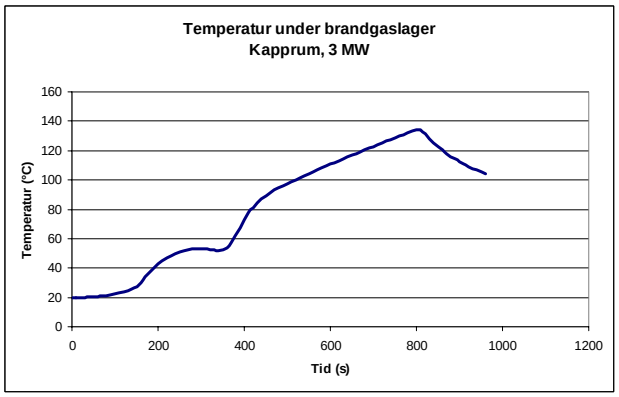


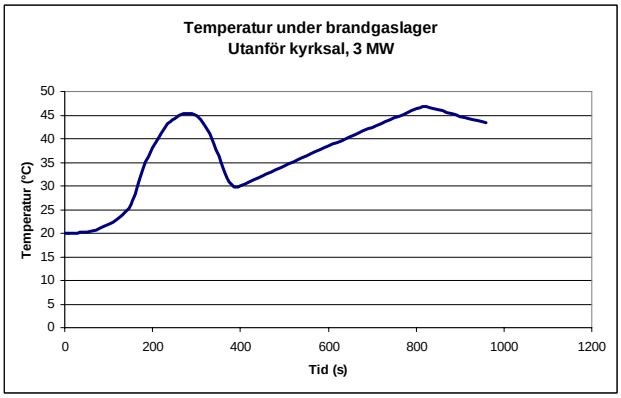


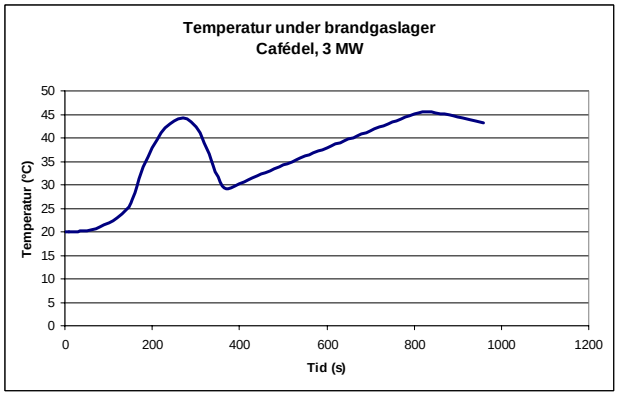

Strålning från brandgaslager
Kapprum, 5 MW
Strålning (kW/m²)
Tid (s)

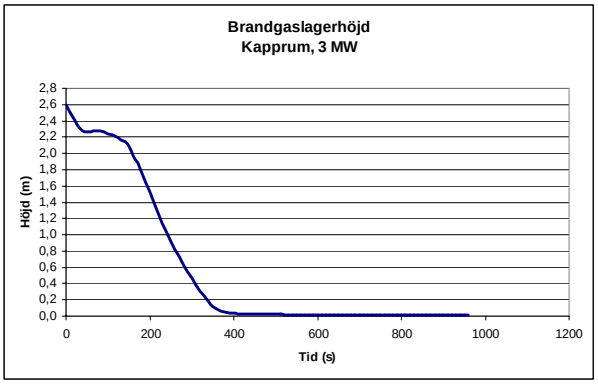

Strålning från brandgaslager
Utanför kyrksal, 5 MW
Strålning (kW/m²)
Tid (s)

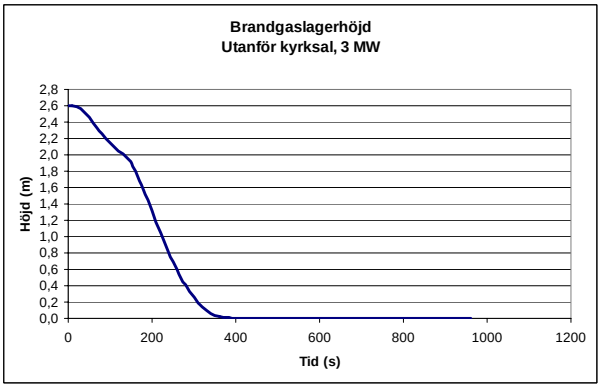

Strålning från brandgaslager
Cafédel, 5 MW
Strålning (kW/m²)
Tid (s)

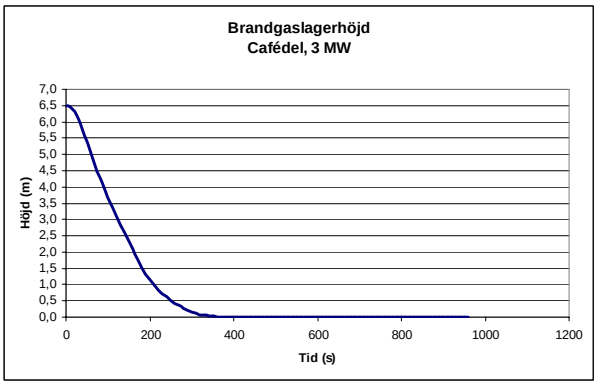

Temperatur under brandgaslager
Kapprum, 3 MW
Temperatur (°C)
Tid (s)

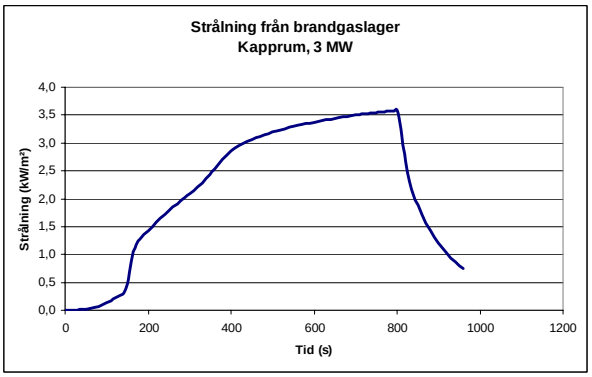

Temperatur under brandgaslager
Utanför kyrksal, 3 MW
Temperatur (°C)
Tid (s)

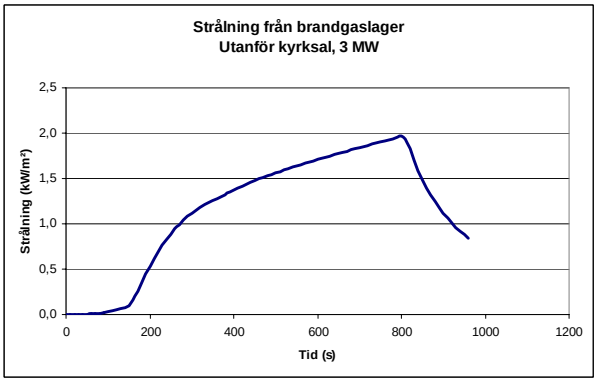

Temperatur under brandgaslager
Cafédel, 3 MW
Temperatur (°C)
Tid (s)

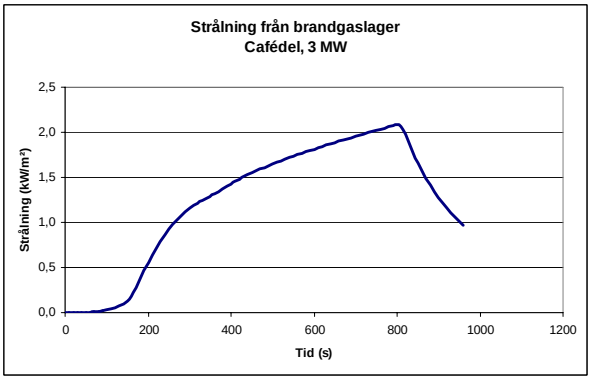

Brandgaslagerhöjd
Kapprum, 3 MW
Höjd (m)
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0
200
400
600
800
1000
1200
Tid (s)


Brandgaslagerhöjd
Utanför kyrksal, 3 MW
Höjd (m)
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0
200
400
600
800
1000
1200
Tid (s)

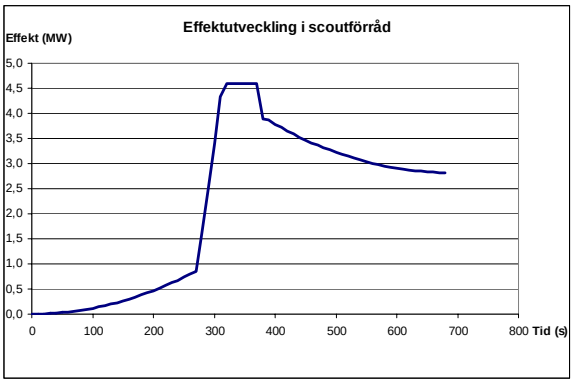

Brandgaslagerhöjd
Cafédel, 3 MW
Höjd (m)
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
200
400
600
800
1000
1200
Tid (s)

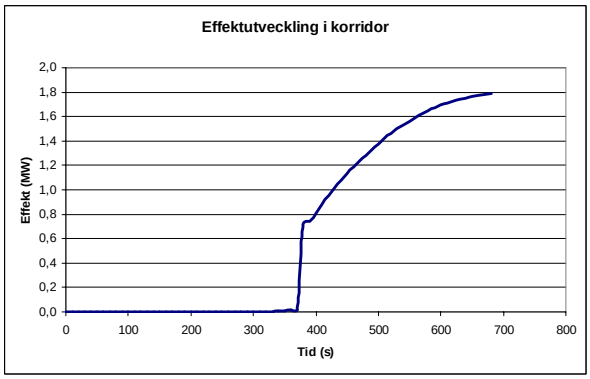

Strålning från brandgaslager
Kapprum, 3 MW
Strålning (kW/m²)
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
200
400
600
800
1000
1200
Tid (s)

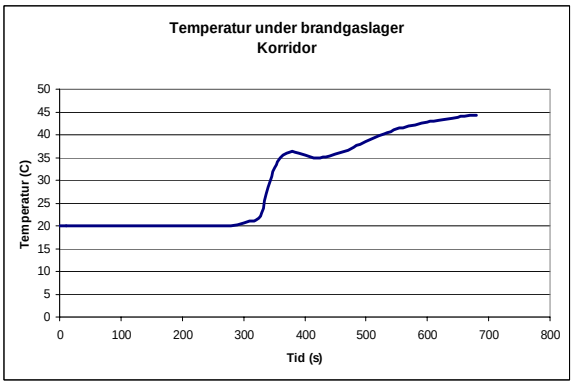

Strålning från brandgaslager
Utanför kyrksal, 3 MW
Strålning (kW/m²)
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
200
400
600
800
1000
1200
Tid (s)

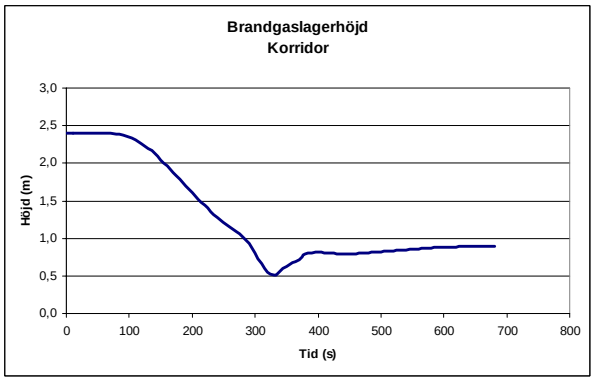

Strålning från brandgaslager
Cafédel, 3 MW
Strålning (kW/m²)
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
200
400
600
800
1000
1200
Tid (s)

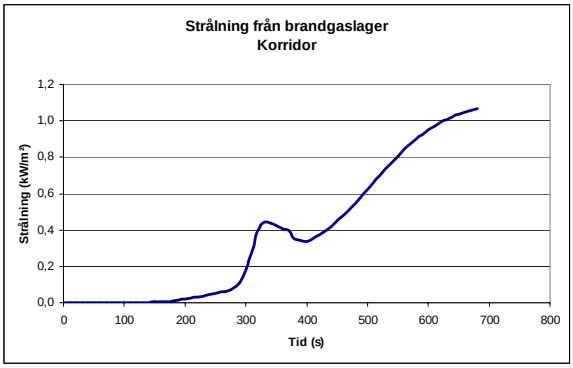
D.2 Brand i scoutförråd



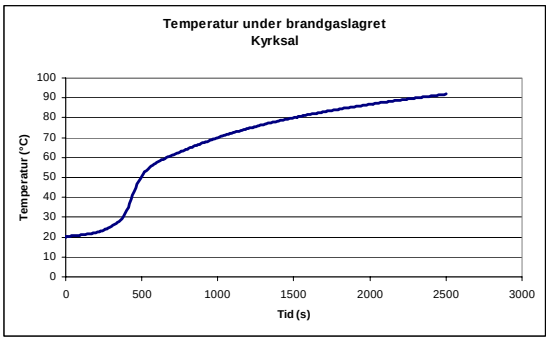


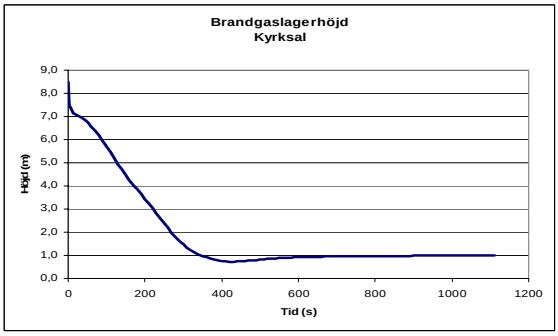


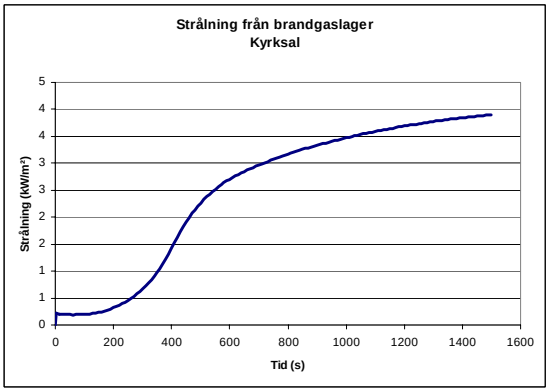


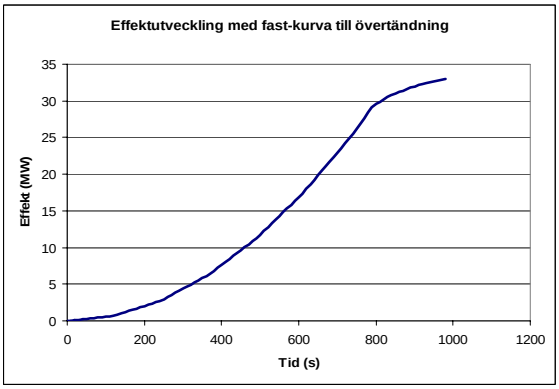


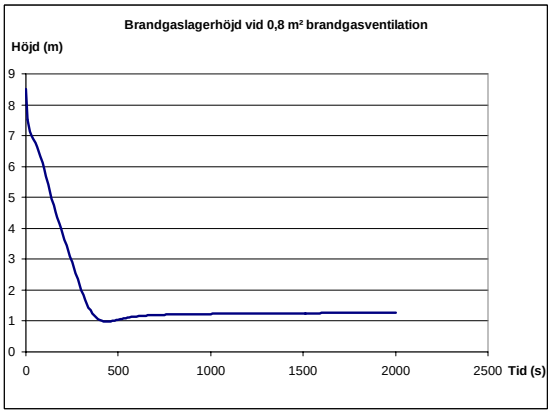
D.3 Brand i kyrksal

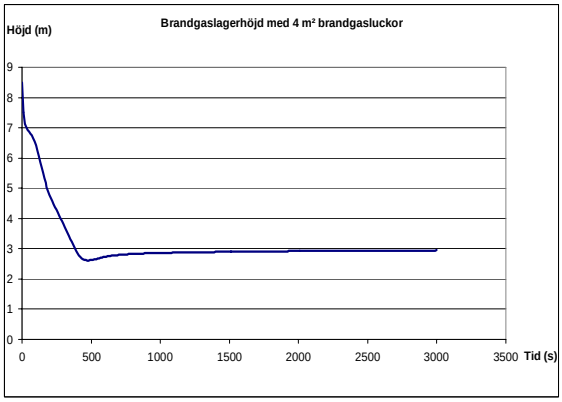


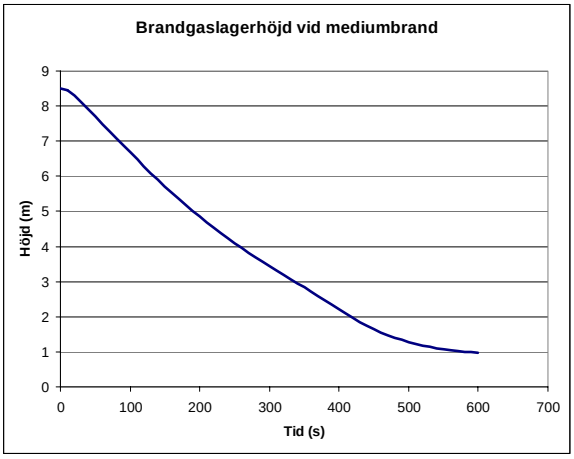










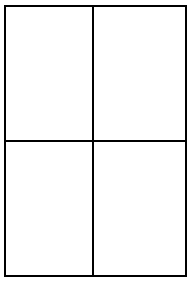

Brandgaslagerhöjd vid mediumbrand
Höjd (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
100
200
300
400
500
600
700
Tid (s)

Bilaga E – Strålningsberäkningar för kyrksalsbranden

Tid till antändning av träväggen 2 meter från branden beräknas.

Flamman delas in i 4 delar och synfaktorn för en del beräknas. Slutligen summeras delarna och synfaktorn för hela flamman erhålls (Fire Dynamics, 1999). Flamman approximeras till en platt rektangel där bredden utgörs av bensinpölens diameter.

$$\text{Flamhöjd} = 0{,}235 \cdot Q^{2/5} - 1{,}02D = 0{,}235 \cdot 8300^{2/5} - 1{,}02 \cdot 2{,}52 = 6{,}1\text{m}$$



$$S = \frac{\left(2{,}52/2\right)}{\left(6{,}1/2\right)} = 0{,}41$$

$$\alpha = \frac{\left(6{,}1/2\right) \cdot \left(2{,}52/2\right)}{2^2} = 0{,}96$$

$$\Rightarrow \varphi = 0{,}123$$

$$\varphi_{tot} = 0{,}123 \cdot 4 = 0{,}49$$

Beräkningen utförs med maximal effektutveckling (8,3 MW) för att få den snabbaste tiden till antändning. Antagandet att 30 % av brandens effektutveckling strålar iväg används. Eftersom flamman modelleras som en platt rektangel går bara halva strålningen i riktning mot väggen, resten strålar bakåt. Absorptionskoefficienten för trä sätts till 0,75 (Fire Dynamics, 1999).

$$\Rightarrow \dot{q}'' = \frac{8300 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}49}{2{,}52 \cdot 6{,}1} = 30 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

Beräkning av tid till antändning sker med metoden ”lumped heat capacity” och följande ekvation används:

$$T(0,t) = T_0 + \frac{\dot{q}''}{h}\left[1 - e_1\left(\sqrt{\frac{h^2 t}{kc\rho}}\right)\right]$$

$$e_1(x) = e^{x^2}\,\mathrm{erfc}(x)$$

Antag därefter:

$$T(0,t) = 300\,^{o}C$$

$$T_0 = 20\,^{o}C$$

$$h = 30\,\frac{W}{m^2K}$$

$$kc\rho = 2{,}5\cdot 10^5\,\frac{W^2 s}{m^4K^2}$$

Detta ger:

$$300 = 20 + \frac{30000}{30}\left[1 - e_1\left(\sqrt{\frac{30^2 t}{2{,}5\cdot 10^5}}\right)\right]$$

$$0{,}72 = e_1\sqrt{\frac{30^2 t}{2{,}5\cdot 10^5}}$$

$$\Rightarrow 0{,}32 = \sqrt{\frac{30^2 t}{2{,}5\cdot 10^5}} \Leftrightarrow t = 30s$$

Bilaga F – Indata och resultat från Detact T2

Omgivningstemperatur 20 °C
Aktiveringstemperatur 33 °C
RTI 0,5

Scoutförråd
Höjd till tak: 2,4 m
Avstånd mellan detektorer: 6 m

Tillväxthastighet	Tid till aktivering
Medium	2 min
Fast	1 min 15 s

Kapprum
Höjd till tak: 2,6 m
Avstånd mellan detektorer: 6 m

Tillväxthastighet	Tid till aktivering
Fast	1 min 15 s
Ultrafast	45 s

Kyrksal
Höjd till tak: 8,5 m
Avstånd mellan detektorer: 6 m

Tillväxthastighet	Tid till aktivering
Medium	45 s (med 2 meter till tak och 2 m mellan detektorer)
Ultrafast	1 min 15 s