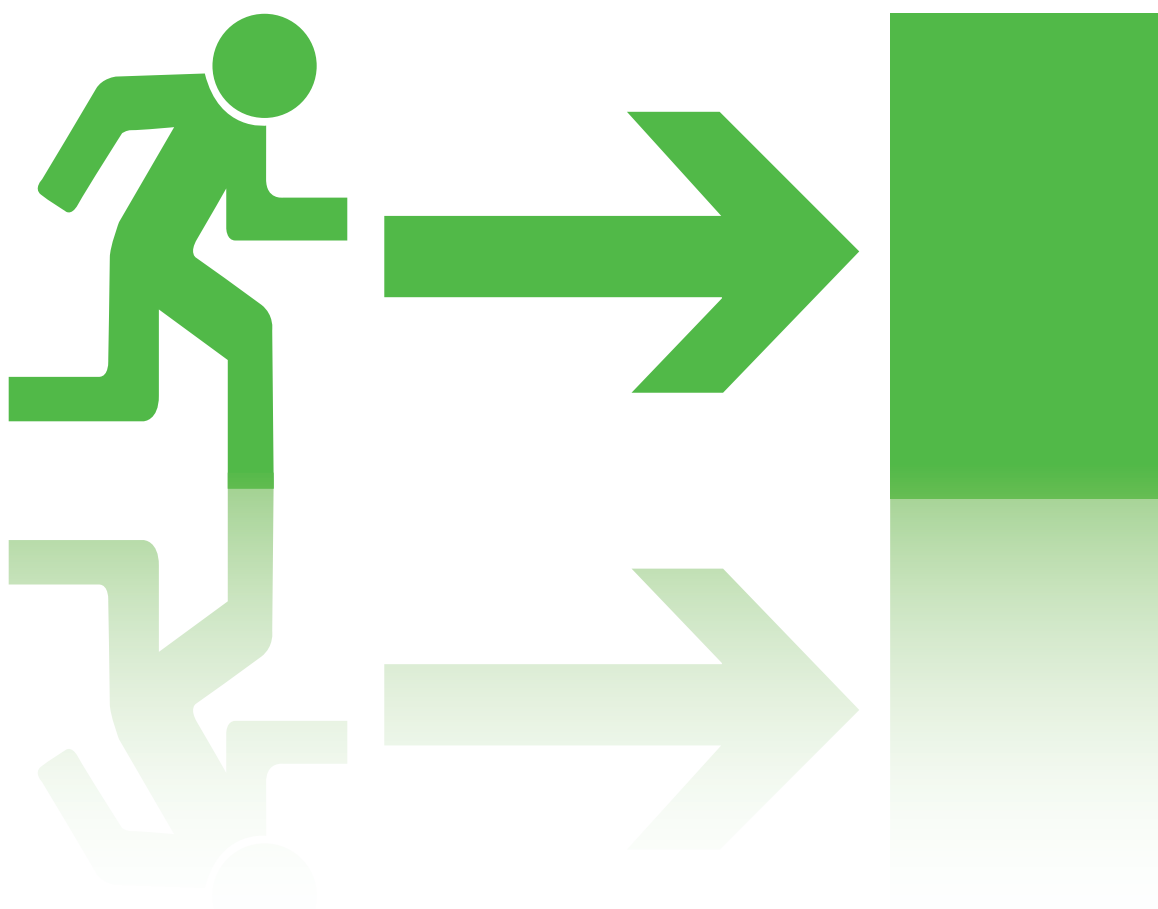


BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING AV

KVARTERET JUNO NORRTÄLJE



LUNDS
UNIVERSITET

RAPPORT 9324, LUND 2007

LINDA BERGMARK
LEIF LOESKOW
DAVID PALM
JOHANNA THOLLANDER

AVDELNINGEN FÖR BRANDTEKNIK
OCH RISKHANTERING
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

DEPARTMENT OF FIRE SAFETY
ENGINEERING AND SYSTEMS SAFETY
LUND UNIVERSITY, SWEDEN

Brandteknisk Riskvärdering

Kvarteret Juno Norrtälje

BTR (VBR 054)

Johanna Thollander
Linda Bergmark
Leif Loeskow
David Palm

Lund 2007

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.

Rapport/Report

9324

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Kvarteret Juno Norrtälje

Title

Fire Safety evaluation of Kvarteret Juno Norrtälje

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, CFAST, Simulex, utrymning, kritiska förhållanden, brandscenario, Juno, brandgasspridning,

Keywords

Fire safety evaluation, CFAST, Simulex, evacuation safety, critical conditions, fire scenario, Juno, smoke spread

Språk/Language

Svenska/Swedish

Av/By

Linda Bergmark
Leif Loeskow
David Palm
Johanna Thollander

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2007

Fire Safety Engineering Program, Faculty of Engineering Lund University, 2007

Abstract

This report is a fire safety evaluation of the Kvarteret Juno Shopping Centre in Norrtälje. The report aims to determine the public safety in case of fire and to weigh in existing fire safety measures, evaluate them and to present possible additional precautions that need to be taken. From observations made, three different scenarios have been chosen to represent fire out breakage. These scenarios are calculated with probability and statistical data. Programs such as Simulex (evacuation time) and CFAST (the course of fire) are used and also hand calculations. Comparing the outcome of these different types of calculations it can be concluded that the public fire safety is not thorough enough and additional precautionary procedures are presented.

© Copyright Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2007

**Avdelningen för
Brandteknik och Riskhantering**

Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 60
Fax: 046-222 46 12
www.brand.lth.se
brand@brand.lth.se

**Department of
Fire Safety Engineering and Systems Safety**

Faculty of Engineering LTH
Lund University
P.O. Box 118
S-221 00 Lund
Telefon: +46 46-222 73 60
Fax: +46 46-222 46 12
www.brand.lth.se
brand@brand.lth.se

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av butikcenter Kvarteret Juno i Norrtälje. Rapporten är framtagen i syfte att utvärdera personsäkerheten i händelse av brand i byggnaden. Kvarteret Juno byggdes på 1980-talet och är beläget i Norrtälje centrum. Butikcentret består av flera olika delar där huvuddelen är en mindre butiksgalleria. I övrigt finns ett systembolag, en restaurang, en psykiatrisk mottagning samt ett källarplan med garage och lager.

Arbetet inleds med ett besök på objektet för att få en uppfattning om verksamheten, det befintliga brandskyddet och utrymningsvägar. Det är framförallt de delar av byggnaden där flest människor förväntas röra sig som har studerats genom tre utvalda brandscenarier, KappAhl, restaurangen Kwang Chow och den psykiatriska mottagningen. Scenarierna är valda så att de representerar många andra möjliga scenarier och tas fram genom både sannolikhetsbedömningar och statistik. För att få en uppfattning om när kritiska förhållanden uppstår simuleras bränderna i CFAST och kompletteras vid behov med handberäkningar. Utrymningsprogrammet Simulex och handberäkningar används som verktyg för att ta fram hur lång tid utrymning tar. Tiderna till kritiska förhållanden jämförs med tiden till dess att utrymning skett och på så sätt avgörs om brandskyddet är fullgott eller ej. Då det visar sig att de som utrymmer utsätts för kritiska förhållanden i alla tre fallen tas ett antal förslag på åtgärder fram för att säkerställa en trygg utrymning.

Förslag på åtgärder som **skall** vidtas:

- Utrymningsvägen i källaren som passerar de mindre lagren skall rensas från brännbart material.
- Personalen på Systembolaget skall tillse att varor inte placeras i utrymningsvägen genom lagret.
- Utrymningsvägen mellan Expert och Kembali skall hållas fri för passage.
- Utrymningsvägen som passerar genom undercentralen i källaren skall förses med tydligare vägledande markeringar.
- Genomföring mellan pumprum och korridor skall tätas så att den brandtekniska klass som föreskrivs på ritningarna upprätthålls.
- Materiel på Systembolagets lastkaj skall tas bort då det till viss del blockerar en utrymningsväg.

Förslag på åtgärder som **bör** vidtas:

- En extra utrymningsväg bör installeras i KappAhl.
- Svängdörrar bör monteras mellan kök och matsal på restaurang Kwang Chow.
- Detektorer bör installeras i köket, atrierna och på samtliga kontor i den psykiatriska mottagningen.
- Dörrstängare bör installeras på samtliga dörrar som gränsar till korridorer i den psykiatriska mottagningen.
- Kärll för fritering i Kwang Chow bör bytas ut mot ett, till ändamålet, anpassat kärll.
- Parkeringsgaraget bör förses med detektorer och släckutrustning.
- Vägledande markering i golvet på Systembolagets lager bör ersättas med ny.

Förord

Under arbetets gång har vi mottagit generöst med hjälp från många håll. Vi skulle vilja rikta ett speciellt tack till följande personer:

Henrik Nyberg, brandingenjör vid Räddningstjänsten Norrtälje, och Henrik Jönsson, doktorand vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, för handledning.

Nils Holmström, fastighetsskötare för Centrumfastigheter i Norrtälje, för svar på alla våra frågor.

Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, för hjälp vid experiment.

Lars Jensen, professor i installations- och klimatiseringslära, för hjälp med att tolka ventilationsritningar.

Daniel Gojkovic, universitetsadjunkt vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, för svar på frågor rörande CFAST.

Norrtälje Räddningstjänst för kost och logi vid objektsbesöket.

Samt ett stort tack till familj, vänner och anhöriga för att ni har visat förståelse under den hektiska hösten!

David, Johanna, Leif och Linda

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE OCH MÅL.....	1
1.3 METOD.....	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	2
2 OBJEKTSBESKRIVNING	3
2.1 BYGGNADEN.....	3
2.1.1 Plan 0, Källarplan.....	3
2.1.2 Plan 1, Entréplan.....	5
2.1.3 Plan 2, Ovanplan.....	5
2.1.4 Övrigt.....	5
2.2 VERKSAMHET.....	6
2.3 VENTILATION.....	6
3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD	7
3.1 BRANDCELLSINDELNING.....	7
3.2 UTRYMNINGSVÄGAR.....	7
3.3 BRAND- OCH UTRYMNINGSLARM.....	7
3.4 BRANDGASVENTILATION.....	7
3.5 RÄDDNINGSTJÄNST OCH BEFINTLIG SLÄCKUTRUSTNING.....	8
3.6 TILLBUDSHISTORIK.....	8
3.7 SYSTEMATISKT BRANDSKYDDSARBETE.....	8
4 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT FÖR VÄRDERING AV SÄKERHETEN	9
4.1 DEFINITION AV KRITISKA FÖRHÅLLANDEN.....	9
4.1.1 Lägsta brandgasnivå och sikt.....	9
4.1.2 Värmestrålning.....	9
4.1.3 Temperatur.....	9
4.2 DEFINITION AV UTRYMNINGSTID.....	10
4.3 BERÄKNINGSMODELLER OCH SIMULERINGSPROGRAM.....	10
4.3.1 Beräkning av effektutveckling.....	10
4.3.2 Siktberäkning.....	10
4.3.3 CFAST.....	11
4.3.4 Simulex.....	12
5 VAL AV SCENARIER	13
5.1 GALLERIAN.....	14
5.2 RESTAURANG KWANG CHOW.....	15
5.3 PSYKIATRISKA MOTTAGNINGEN.....	16
6 BRAND I GALLERIAN	17
6.1 DIMENSIONERANDE BRAND.....	17
6.2 BRANDSIMULERING.....	18
6.2.1 Ingångsvärden.....	18
6.2.2 Tid till kritiska förhållanden.....	19

6.3 UTRYMNINGSSIMULERING.....	19
6.3.1 Ingångsvärden.....	19
6.3.2 Tid till utrymning.....	21
6.4 KÄNSLIGHETSANALYS.....	22
6.4.1 CFAST.....	22
6.4.2 Utrymningssimulering.....	22
6.5 RESULTAT.....	22
6.6 DISKUSSION.....	22
6.7 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	24
6.7.1 Extra dörr.....	24
7 BRAND I RESTAURANG KWANG CHOW.....	26
7.1 DIMENSIONERANDE BRAND.....	26
7.2 BRANDSIMULERING.....	26
7.2.1 Ingångsvärden.....	26
7.2.2 Tid till kritiska förhållanden.....	27
7.3 HANDBERÄKNINGAR.....	28
7.3.1 Tid till kritiska förhållanden.....	28
7.4 UTRYMNING.....	28
7.4.1 Ingångsvärden.....	28
7.4.2 Tid till utrymning.....	30
7.5 KÄNSLIGHETSANALYS.....	30
7.5.1 CFAST.....	30
7.5.2 Handberäkningar.....	30
7.6 RESULTAT.....	32
7.7 DISKUSSION.....	32
7.8 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	32
7.8.1 Svängdörrar.....	32
7.8.2 Förändrade rutiner för fritering.....	32
8 BRAND I PSYKIATRISKA MOTTAGNINGEN.....	33
8.1 DIMENSIONERANDE BRAND.....	33
8.2 BRANDSIMULERING.....	34
8.2.1 Ingångsvärden.....	34
8.2.2 Tid till kritiska förhållanden.....	35
8.3 HANDBERÄKNINGAR.....	35
8.3.1 Tid till kritiska förhållanden.....	36
8.4 UTRYMNING AV PSYKIATRISKA MOTTAGNINGEN.....	36
8.5 KÄNSLIGHETSANALYS.....	37
8.5.1 CFAST.....	37
8.5.2 Handberäkningar.....	37
8.6 RESULTAT.....	39
8.7 DISKUSSION.....	39
8.8 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	40
8.8.1 Detektorer.....	40
8.8.2 Dörrstängare.....	40

9 ÖVRIGA FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	41
10 SLUTSATS OCH UTVÄRDERING	43
10.1 SLUTSATS	43
10.2 UTVÄRDERING.....	43
11 REFERENSER.....	44
BILAGA A GRAFER ÖVER EFFEKTUTVECKLINGAR	
BILAGA B.1 INDATA CFAST KAPPAHL	
BILAGA B.2 INDATA CFAST KWANG CHOW	
BILAGA B.3 INDATA CFAST PSYKIATRISKA MOTTAGNINGEN	
BILAGA C.1 KÄNSLIGHETSANALYS CFAST KAPPAHL	
BILAGA C.2 KÄNSLIGHETSANALYS CFAST KWANG CHOW	
BILAGA C.3 KÄNSLIGHETSANALYS CFAST PSYKIATRISKA MOTTAGNINGEN	
BILAGA D GRAFER ÖVER TIDER TILL KRITISKA FÖRHÅLLANDEN	
BILAGA E ENKÄTUNDERSÖKNING TILL PERSONALEN	
BILAGA F PERSONBELASTNINGAR I GALLERIADELEN VID BRAND PÅ KAPPAHL	
BILAGA G BERÄKNING AV MASSAVBRINNINGEN FÖR RAPSOLJA	
BILAGA H BERÄKNING AV RÖKPOTENTIALEN FÖR MATOLJA	
BILAGA I MAXIMAL EFFEKTUTVECKLING I PSYKIATRISKA MOTTAGNINGEN	
BILAGA J KONTROLLBERÄKNING AV UTRYMNINGSTIDEN	
BILAGA K EJ VALDA SCENARION	

1 Inledning

Denna rapport är en studie rörande utrymningssäkerheten hos butikcentret i kvarteret Juno i Norrtälje. Den riktar sig främst till objektsägare och representanter för verksamheter i huset samt Norrtälje Räddningstjänst.

1.1 Bakgrund

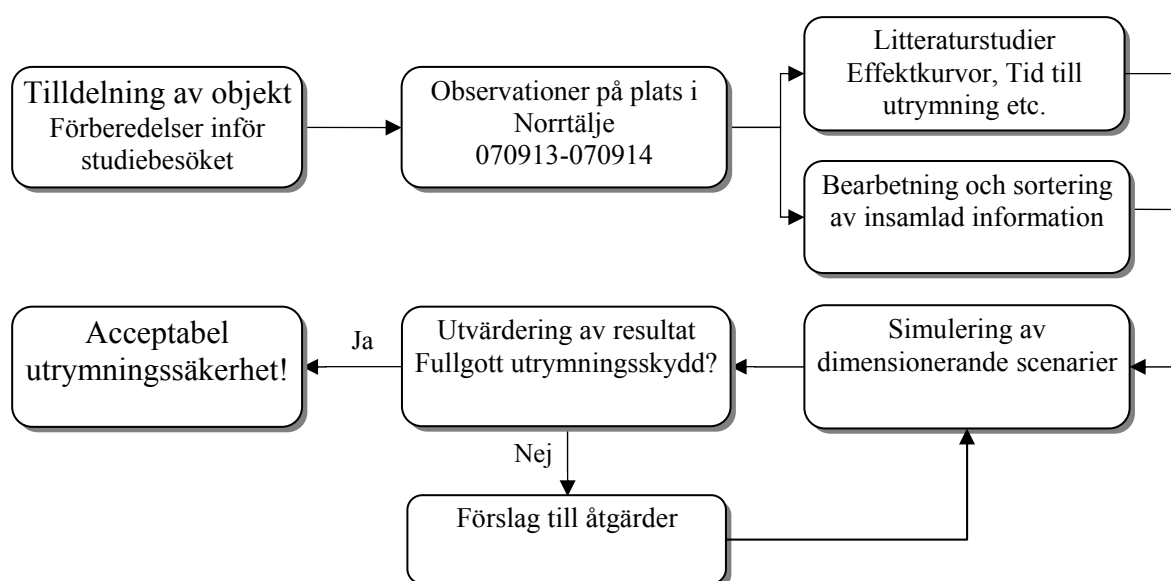
Rapporten är det obligatoriska slutdokumentet i kursen Brandteknisk Riskvärdering som ges vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola. Huvuddelen av kursen består av ett projektarbete där personsäkerheten vid händelse av brand i ett tilldelat objekt skall utvärderas. Räddningstjänsten handhar efter förfrågan urvalet av objekt och bistår med kontaktpersoner. Varje projektgrupp har även en kontaktperson på Brandteknik och Riskhantering.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att tillämpa och befästa kunskaper från pågående och redan tillgodogjorda kurser. Detta görs genom en utvärdering av det befintliga brandskyddet med hänsyn till personsäkerheten och ge förslag till förbättringar där så behövs.

1.3 Metod

Det genomförs ett studiebesök på objektet där statusen på det befintliga brandskyddet kontrolleras och relevant information samlas in. Dimensionerande scenarier väljs därefter och analyseras med hjälp av datamodeller och logiska resonemang. Till ändamålet används CFAST för brandsimulering och Simulex för utrymningssimulering. Om nödvändigt kompletteras och verifieras resultaten med handberäkningar. Känslighetsanalyser genomförs av resultaten från valda beräkningsmodeller med syfte att identifiera kritiska parametrar. Slutligen ges eventuella förslag till förbättringar. Resultatet redovisas i denna rapport kompletterat med ett seminarium i december 2007. Arbetet löses till stor del med problembaserat lärande.



Figur 1.1 En schematisk redovisning av arbetsgången.

1.4 Avgränsningar

Det är endast de initiala delarna av brandförloppet som studeras, med andra ord tiden fram till dess att utrymning förväntas vara avklarad. Detta medför att påverkan på byggnaden och dess bärighet inte beaktas och följaktligen inte heller Räddningstjänstens säkerhet vid insats.

Inga hänsyn har heller tagits till eventuella skador på miljö och egendom. Tid till kritiska förhållanden behandlar temperatur, strålningsintensitet, brandgaslagrets höjd och sikt. Ingen hänsyn tas till eventuell toxicitet i brandgaserna, då övriga kritiska förhållanden troligtvis kommer att uppstå innan gränserna för toxiska gaser har uppstått.

2 Objektsbeskrivning

Norrtälje är en tätort med 16 500 invånare i Uppland och centralort i Norrtälje kommun. Staden ligger längst in i Norrtäljeviken på ömse sidor om Norrtäljeåns mynning. Det har bedrivits handel på platsen sedan 1200-talet och samhället fick stadsstatus 1622 av Gustav II Adolf. Den totalförstördes av ryssen hundra år senare som en del av deras härjningar i Roslagen. I slutet av 1700-talet hade staden återhämtat sig helt och fortsatte sin utveckling till dagens moderna stad. Sommartid är Norrtälje en turistort och en centralort för de 25 000 fritidshus som finns i kommunen.



Figur 2.1 Bilder från Norrtälje (mittbilden är tagen av Ingvar Lundkvist, övriga är tagna från www.norrtaljesportcentrum.se).

2.1 Byggnaden

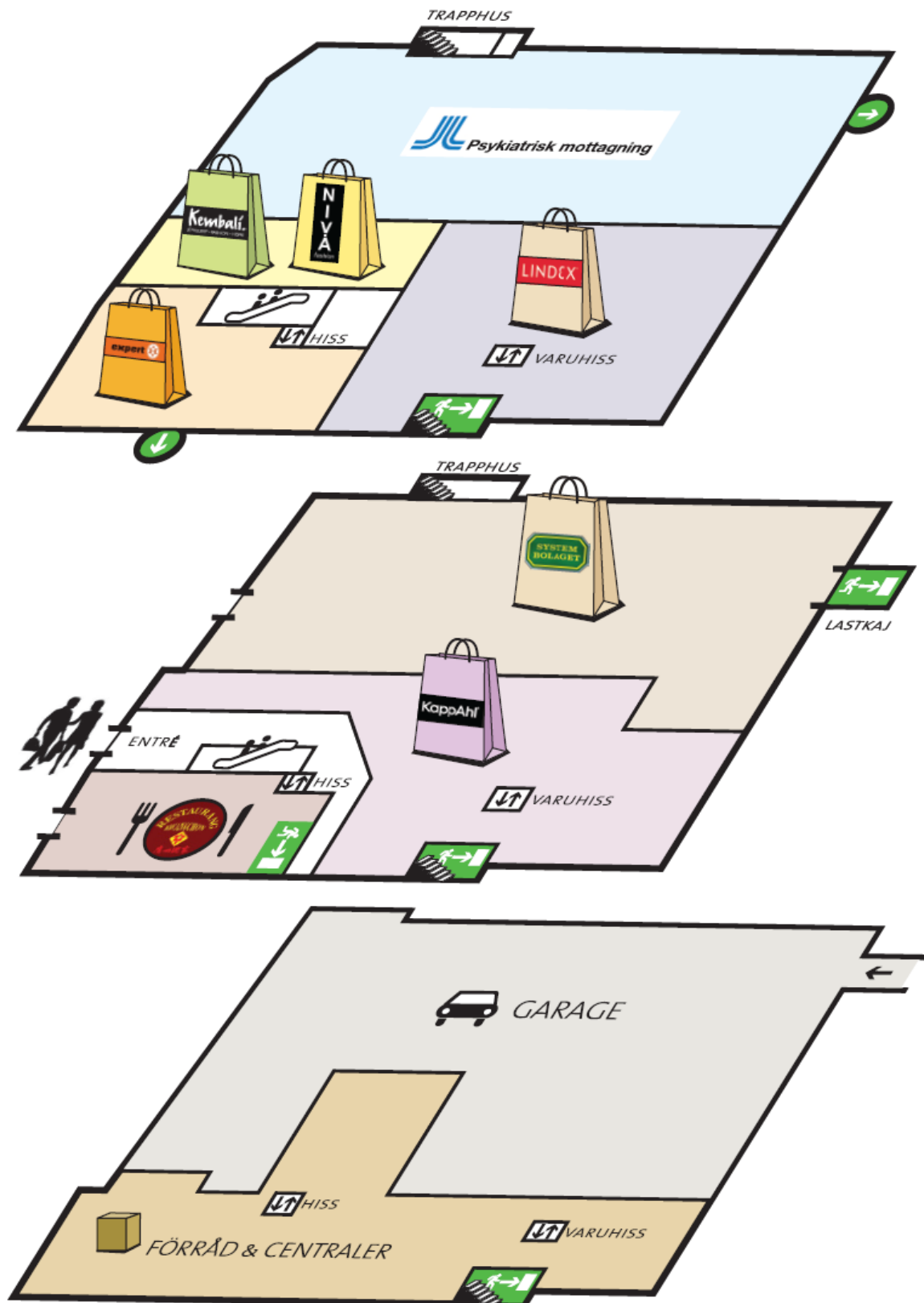
Butikscentret i kvarteret Juno byggdes på 1980-talet och ligger beläget i stadens centrum. Det inhyser ett antal affärsverksamheter fördelade på två våningsplan och därtill en källare med butikslager och privat garage. Huset har fyra från varandra skilda delar som besökarna endast kan nå från utsidan. Huvuddelen upptas av en mindre galleria med klädbutiker och radiohandlare. Resterande utrymmen inhyser en restaurang, ett systembolag och en psykiatrisk mottagning, se Figur 2.3.

2.1.1 Plan 0, Källarplan

Här finns ett flertal lagerutrymmen i varierande storlek, driftsrum för huset, ett skyddsrum och ett privat garage. Halva planet upptas av garaget som är låst och enbart folk som hyr plats eller är verksamma i huset har tillträde. Andra halvan är enbart för folk som är verksamma i huset och de flesta dörrar är låsta av respektive hyresgäst. Källaren står i förbindelse med övriga våningar via ett i huset genomgående trapphus, två hissar och ventilationsschakt.



Figur 2.2 Bilder från källarplan.



Figur 2.3 Planskiss över Junos våningsplan.

2.1.2 Plan 1, Entréplan

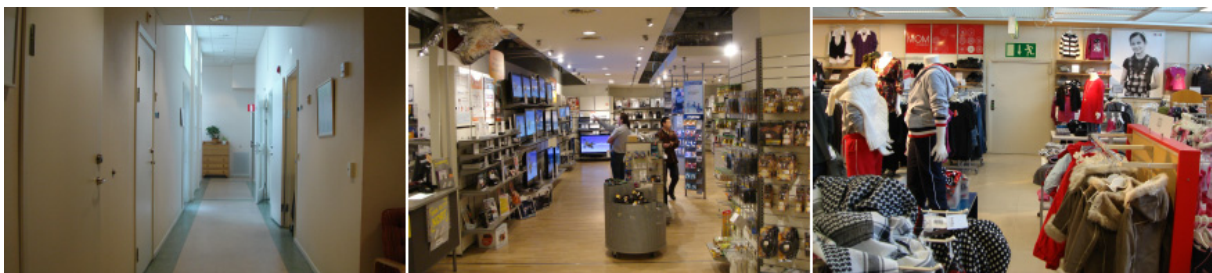
Huset har en tydlig framsida mot syd utmed ett huvudstråk för handel. Längst till väst på framsidan återfinns entrén till den psykiatriska mottagningen. Det är en utbyggnad på fasaden som rymmer trapphuset till Plan 2 där mottagningen ligger. Systembolagets entré kommer därefter och dess lokal är indelad i en större butiksdel samt ett lager med kontorsutrymmen. Systembolaget har en täckt lastbrygga på husets baksida. Tredje dörren på framsidan är husets huvudentré som också är enda ingång till galleriadelen för besökarna. På detta plan är KappAhl ensam butik och här finns en rulltrappa som leder upp till resterande delar på Plan 2. I husets sydöstra hörn ligger den kinesiska restaurangen Kwang Chow, vars entré ligger i linje med de övriga. Kwang Chows lokal inhyser matsal, kök, disk- och personalutrymmen. Under sommarsäsongen finns en uteservering belägen på en altan av trä.



Figur 2.4 Bilder från markplan

2.1.3 Plan 2, Ovanplan

Här har den psykiatriska mottagningen sina lokaler vilka upptar knappt hälften av våningsplanets yta. Mottagningen består av ett stort antal mindre kontor, två atrier med glastak, personalutrymme och reception förbundna inbördes med korridorer av varierande längd. Resterande del av våningsplanet har högt i tak och domineras av Lindex tillsammans med de mindre butikerna Nivå, Kembali och Expert. Nivå säljer kläder och Kembali i huvudsak accessoarer. Alla butiker har personalutrymmen och Expert har även sitt lager i anslutning till försäljningslokalen.



Figur 2.5 Bilder från ovanplan.

2.1.4 Övrigt

Ett större fläktrum som ligger på taket nås via en spiraltrappa hos Lindex. På norra sidan av huset finns utrymmen för sophantering.

2.2 Verksamhet

I kvarteret bedrivs handel, matlagning och psykiatrisk vård. Systembolaget har vin, öl och sprit till försäljning med självbetjäning. KappAhl, Lindex, Nivå och Kembali räknas alla som klädbutiker och har i varierande grad även accessoarer. Expert säljer foto och hemelektronik och har ett möblerat vardagsrum för demonstrationer. Årligen beräknas ungefär 600 000 personer besöka butikerna i galleriadelen. Kwang Chow lagar kinesisk mat och serverar den i en för ändamålet klassiskt inredd matsal med tillhörande bar. Restaurangen har fullständiga rättigheter. Verksamheten i den psykiatriska mottagningen är av samtalskaraktär med många kortare samtal. Lokalen är låst så när som på väntrummet och inträde sker först efter receptionistens godkännande.

2.3 Ventilation

Byggnaden är välventilerad och allt luftombyte i huset sker med mekanisk till- och frånluftsventilation. Vid normal drift ger systemet som helhet ett nolltryck mot omgivningen men lokalt kan vissa rum ha över- eller undertryck, beroende på donens injustering och flöden. I de fall som trummorna passerar en brandcellsgräns är de försedda med spjäll och detta sker enbart i källaren. De stora brandcellerna som finns på Plan 1 och 2 delar inte luft annat än i aggregaten, brandgaser tillåts med andra ord endast att spridas inom brandcellerna (Brandskyddsdocumentation 2000, s 9). Det finns två fläktcentraler, en i källaren och en på taket. Aggregaten är inte kopplade till brandlarmet utan har egna detektorer i kanalerna, då de aktiverar stängs systemet av (Holmström 2007). Vid den senaste Obligatoriska Ventilationskontrollen i april 2006 blev resultatet utan erinran (OVK 2006).

3 Befintligt brandskydd

Kvarteret Juno har åtta hyresgäster, alla med eget ansvar för sitt brandskyddsarbete. För husets gemensamma brandskydd ansvarar ägaren Centrumfastigheter i Norrtälje.

3.1 Brandcellsindelning

Byggnaden har byggnadsteknisk klass Br1, då den består av flera våningar och samlingslokal finns på andra våningen. Stor risk för personskador finns då kunderna inte förväntas ha full kännedom om lokalen (BBR 2006, s 72). Den är indelad i en mängd brandceller. I källaren är de båda större lagren, trapphuset, de två hisschakten, centraler samt en del mindre utrymmen egna brandceller. Trapphuset och hisschakten är egna brandceller genom hela byggnaden. På Plan 1 är Systembolaget, Kwang Chow och gallerian egna brandceller. Gallerians brandcell inkluderar även delar av våningen ovanför, i övrigt består Plan 2 av ytterligare en brandcell vilken är den psykiatriska mottagningen. Avskiljande konstruktioner i brandcellsgränserna har klass EI60 och bärverken har brandteknisk klass R60 (Brandskyddsdocumentation 1998, s 2).

3.2 Utrymningsvägar

Utrymning sker via respektive entré alternativt via någon av trapporna. Det finns två utvändiga spiraltrappor och två trapphus belägna inomhus, där det östra är egen brandcell medan trapphuset från psykiatriska mottagningen ingår i dess brandcell. Mellan Lindex och den psykiatriska mottagningen finns en nödutrymningsdörr. Utrymningsvägarna är försedda med genomlysta eller efterlysande nödutrymnings skyltar.

3.3 Brand- och utrymningslarm

Byggnaden är försedd med ett automatiskt brandlarm och tryckknappar. Detektion sker med hjälp av rökdetektorer i huvudsak, vissa värmedetektorer finns, exempelvis i Kwang Chows diskrum och kök. Brandlarmssystemet är adresserbart med överföring till Norrtälje Räddningstjänst och aktiverad detektor kan avläsas på huvudcentralen som är placerad i det östra trapphuset. Vid aktiverat brandlarm stannar rulltrapporna automatiskt.

Utrymningslarmet är kopplat till det automatiska brandlarmet och består av ett akustiskt larm med ringklockor och i Systembolagets butik finns även ljussignal. Utrymningslarmet signalerar i hela huset oavsett var detektion skett och kan aktiveras av Räddningstjänsten via centralapparat (Brandskyddsdocumentation 1998, s 4).

3.4 Brandgasventilation

Det finns åtta brandgasventilationsluckor i taket på Plan 2 och de är belägna över Lindex, Expert, Kembali och Nivå. Dessa öppnas automatiskt vid aktiverat brandlarm men kan också öppnas manuellt från centralapparat. För tilluft används entrédörrarna. KappAhls lager i källaren ventileras via egen brandgaslucka i fasaden, även parkeringsgaraget har en egen brandgaslucka som är placerad invid Systembolagets entré. Lindex lager i källaren använder befintlig skorsten och ventileras mekaniskt via denna med hjälp av en brandgasfläkt. Hela lagrets volym kan omsättas på 6 minuter (Brandskyddsdocumentation 1998, s 5).

3.5 Räddningstjänst och befintlig släckutrustning

Räddningstjänsten förväntas ha en insattid på högst 10 minuter. Handbrandsläckare är utplacerade i de olika verksamheterna och i entréhallen. I Kwang Chow finns även en brandpost placerad vid ingången.

3.6 Tillbudshistorik

Det har varit två tillbud på KappAhl. Ett där man glömt att dra ur sladden på ett strykjärn vilket ledde till att en rökdetektor utlöste. Ett annat skedde då en platta på ett trinettkök i personalrummet glömdes påslagen vilket ledde till en mindre brand. Branden kunde dock släckas av personalen. Vid ett tillfälle genomfördes heta arbeten i källaren utan att det automatiska brandlarmet hade kopplats bort, vilket fick till följd att larmet utlöste. Kwang Chow har haft ett tillbud där en rökdetektor aktiverades.

3.7 Systematiskt brandskyddsarbete

Enligt lagen om skydd mot olyckor (2003:778, 2 kap § 2) skall både ägare till byggnader och nyttjanderättshavare förebygga uppkomst av brand. För att få en bild av hur väl detta efterlevs i kvarteret Juno genomförs en enkätundersökning bland den personal som är på plats vid besöket, samt flera intervjuer med chefer för de olika verksamheterna. Svaren på enkätundersökningen återfinns i Bilaga E.

Den generella nivån på det systematiska brandskyddsarbetet (SBA) bedöms som bristfällig men inte obefintlig. Det är stor variation mellan de olika verksamheterna, de större butikerna och den psykiatriska mottagningen är medvetna om att de är skyldiga att arbeta med frågan och har pärmar som beskriver vad som ska göras. Det är när det kommer till uppföljningen som tveksamheter uppstår. De flesta verksamheterna har gjort genomgångar av vilka risker som finns i deras lokaler och har åtgärdat dessa medan få har utbildat sin personal i hur man bör agera vid brand. Undersökningar visar att personalens agerande vid bränder har stor inverkan på tiden det tar att utrymma en byggnad (Frantzich 2001, s 100).

4 Tillvägagångssätt för värdering av säkerheten

För att kunna värdera personsäkerheten måste ett antal parametrar vara kända. Dessa är tiden det tar till kritiska förhållanden på grund av att brand uppstår i lokalerna och tiden det tar för personerna som befinner sig där att utrymma. Parametrarna tas fram med hjälp av handberäkningar och simuleringsprogram.

I det initiala skedet av en brand prioriteras personsäkerheten. Det innebär att alla personer som befinner sig i den byggnad som brinner ska kunna utrymma innan kritiska förhållanden inträffar. Kritiska förhållanden medför att utrymning inte längre kan ske under acceptabla förhållanden.

För att kontrollera byggnadens brandskydd är det brukligt att man genomför brandsimuleringar av byggnaden som kan beskrivas som värsta troliga scenarier. Att använda sig av värsta tänkbara scenarier skulle skapa ett heltäckande men alltför dyrt skydd. Att göra simuleringar på det mest troliga är inte heller givande eftersom det scenariot inte nödvändigtvis leder till några allvarliga konsekvenser. Tas däremot ett eller flera scenarion fram som både har rimlig sannolikhet att inträffa och samtidigt medför en stor belastning för byggnadens brandskydd, ges en skälig nivå att anpassa skyddet efter (Becker 2000, s 14).

4.1 Definition av kritiska förhållanden

De kriterier för kritiska förhållanden som är relevanta för rapporten redovisas nedan.

4.1.1 Lägsta brandgasnivå och sikt

Då en byggnad ska utrymmas får inte personerna som utrymmer störas av det brandgaslager som bildas och därigenom hindras i sin förflyttning (Brandskyddshandboken 2005, s 200). Detta innebär att höjden till brandgaslagret inte får understiga $1,6 + (0,1 \cdot H)$ meter, alternativt en sikt på minst 10 meter i okänd miljö och minst 5 meter i känd miljö dit bostäder och kontor räknas (BBR 2006, s 85). Om brandgaslagret nått sin kritiska nivå men kriterierna för sikt, toxicitet och temperatur inte uppnåtts kan man eventuellt utrymma ändå. Då gäller en siktbarhet på minst 5 meter i brandrummet och 10 i de utrymningsvägar som används (Brandskyddshandboken 2005, s 201).

4.1.2 Värmestrålning

Den infallande strålningen i brandrummet och i utrymningsvägar får inte överstiga $2,5 \text{ kW/m}^2$ någon längre tid, det vill säga cirka 10 minuter (Brandskyddshandboken 2005, s 200). Den maximala värmestrålningen får dock, under en mycket kort tid, uppgå till 10 kW/m^2 (BBR 2006, s 85).

4.1.3 Temperatur

Lufttemperaturen i den del av lokalen där människor måste passera får inte överstiga 80°C (BBR 2006, s 85).

4.2 Definition av utrymningstid

$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$ beskriver den tid det tar för en person i byggnaden att hinna sätta sig i säkerhet från det att branden startat (Frantzich 2001, s 14). Varseblivningstiden är den tid det tar till man inser att något extraordinärt inträffat till exempel då man ser branden, då utrymningslarmet sätter igång eller man uppmärksammas på att något skett. Besluts- och reaktionstiden är tiden det tar för personen att reagera på att något hänt för att därefter ta ett beslut om vad som ska göras och förflyttningstiden är den tid det tar att utrymma.

Tiden till utrymning måste vara mindre än den tillgängliga tiden, tills det att kritiska förhållanden uppnås, för att de personer som befinner sig i byggnaden ska kunna utrymma på ett säkert sätt. Det vill säga: $t_{\text{utrymning}} < t_{\text{tillgänglig}}$ (Frantzich 2001, s 14).

4.3 Beräkningsmodeller och simuleringsprogram

De verktyg som brandingenjörstudenten har till sitt förfogande för att lösa uppgiften är logiska resonemang, handberäkningar och simuleringsprogram. De senare bygger inte sällan på samma beräkningsmodeller men underlättar arbetet. Simuleringsprogrammen är begränsade och kräver en insikt i de modeller som specifikt används.

4.3.1 Beräkning av effektutveckling

För att uppskatta en lämplig maximal effektutveckling beräknas denna enligt nedan. Korrelationen är giltig för väl ventilerade inneslutna bränder och ger den maximala effekten med hänsyn till öppningens storlek (Karlsson et al. 2000, s 221).

$$\text{Effektutveckling: } \dot{Q} = 1.5 \cdot A_o \cdot \sqrt{H_o} \quad [\text{MW}] \quad \text{Ekvation 4.1}$$

$$A_o = \text{Öppningens area [m}^2\text{]}$$

$$H_o = \text{Öppningens höjd [m]}$$

4.3.2 Siktberäkning

För att beskriva hur brandgaserna påverkar sikten används här en metod som förutsätter att brandgaserna blandas ut fullständigt med den vanliga luften i rummet (Nilsson et al. 2007, s 54-61).

$$\text{Optisk densitet: } D_L = \frac{\ln 10}{S} \quad [\text{m}^{-1}] \quad \text{Ekvation 4.2}$$

$$D_L = -\frac{1}{L} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad [\text{m}^{-1}] \quad \text{Ekvation 4.3}$$

$$\text{Rökpotential: } D_o = D_L \cdot \frac{V}{m} \quad [\text{m}^2/\text{g}] \quad \text{Ekvation 4.4}$$

$$S = \text{Sikt i rummet [m]}$$

$$m = \text{Massan bränsle [g]}$$

$$I = \text{Dämpad ljusintensitet [cd]}$$

$$V = \text{Rummets volym [m}^3\text{]}$$

$$L = \text{Sträcka [m]}$$

$$I_0 = \text{Odämpad ljusintensitet [cd]}$$

Ett samband mellan effekt och massavbrinning (Karlson 2000, s 30):

$$\text{Effektutveckling: } \dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta H_C \cdot \chi \quad [\text{kW}] \quad \text{Ekvation 4.5}$$

\dot{m} = Massavbrinning [kg/s]

ΔH_C = Förbränningsvärme [kJ/kg]

χ = Förbränningseffektivitet [-]

Integrering av Ekvation 4.5 mellan t_1 till t_2 och 0 till m om effektutvecklingen beskrivs av en αt^2 -kurva:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta H_C \cdot \chi \Leftrightarrow \alpha \cdot t^2 = \frac{dm}{dt} \cdot \Delta H_C \cdot \chi \Leftrightarrow \alpha \cdot \int_{t_1}^{t_2} t^2 \cdot dt = \Delta H_C \cdot \chi \int_0^m 1 \cdot dm \Rightarrow$$

$$\text{Massans förhållande till tidsintervall: } \Delta H_C \cdot m \cdot \chi = \frac{\alpha}{3} \cdot (t_2^3 - t_1^3) \quad \text{Ekvation 4.6}$$

Integrering Ekvation 4.5 mellan t_1 till t_2 och 0 till m om effektutvecklingen är konstant:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta H_C \cdot \chi \Leftrightarrow \dot{Q} = \frac{dm}{dt} \cdot \Delta H_C \cdot \chi \Leftrightarrow \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} \cdot dt = \Delta H_C \cdot \chi \int_0^m 1 \cdot dm \Rightarrow$$

$$\text{Massans förhållande till tidsintervall: } \Delta H_C \cdot m \cdot \chi = \dot{Q} \cdot (t_2 - t_1) \quad \text{Ekvation 4.7}$$

4.3.3 CFAST

CFAST (Consolidated Fire And Smoke Transport model) är ett simuleringsprogram skapat av National Institute of Standards and Technology i USA. Programmet är en tvåzonsmodell vilket för med sig både positiva och negativa konsekvenser. Fördelarna med tvåzonsmodeller är att de är snabba och välvaliderade för enklare geometrier så som lägenheter. Nackdelarna är att de alltid förutsätter skiktning i ett övre varmt lager och ett undre kallt lager, vilket i verkligheten endast blir fallet då temperaturskillnaden mellan varma och kalla gaser är mer än 20-40°C (Gojkovic 2007).

Modellen har svårt att hantera många rum i serie och även i olika plan. Det är flöden mellan rummen som är problematiska att återskapa. Simuleringarna stämmer väl för brandrummet men ju fler rum brandgaserna passerar, desto mindre tillförlitligt blir resultatet. CFAST tar inte hänsyn till tiden det tar för brandgaser att transporteras inom ett utrymme utan spridningen är momentan. Vid transport mellan utrymmen sker viss fördröjning. Detta medför att det kan vara mindre lämpligt att använda CFAST i till exempel långa korridorer och atrier, utrymmen kan delas in i mindre sektioner för att kringgå detta.

CFAST:s algoritm för korridorflöden beräknar en tidsfördröjning mellan när en brandgasplym kommer in i ett utrymme tills dess massflödet är tillgängligt att tränga in i angränsande utrymmen (Walter et al. 2005).

För att kontrollera om geometrierna ligger inom giltighetsområdet finns en ISO-standard som sammanfattas i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Giltighetsområden för tvåzonsmodeller (ISO/WD 13390 1995).

Relation	Väl validerad	Kan vara acceptabel
L/W	<3	3-5
L/H	<4	4-6
Q	$>5 \cdot A \cdot H^{0.5}$	-

L = Längd [m]

W = Bredd [m]

H = Höjd [m]

A = L·H [m²]

4.3.4 Simulex

Programmet Simulex är ett verktyg för att bestämma hur lång tid det tar att utrymma en byggnad. Det som framförallt är Simulex styrka är att räkna på förflyttningstiden. Besluts- och reaktionstiden går att ange som indata men är inget som programmet hjälper till att bestämma. Vid inmatning av besluts- och reaktionstid kan ett intervall anges, i detta intervall kan tiderna fördelas jämt eller enligt en normalfördelning.

Egenskaper för de utrymmande personerna kan anges i form av val av persontyp, ett exempel är "Office staff". Detta ger en viss fördelning av ålder och kön, vilket i sin tur påverkar storlek på personerna och deras gånghastighet.

En begränsning är att utrymmande personer kommer att gå kortaste väg till närmaste utgång utan att ta hänsyn till eventuella hinder i vägen. En annan begränsning är att programmet inte tar hänsyn till grupp beteenden. Vid en verklig utrymning kommer man troligtvis att påbörja utrymning när andra personer i lokalen börjar gå mot utgångarna. Dessutom är det troligt att man börjar gå mot den utgång där man kom in (Frantzich 2001, s 33).

5 Val av scenarier

Initialt är antalet scenarier som kan inträffa i byggnaden i det närmaste oändligt. Vid objektsbesöket avskrivs flertalet med lokala förutsättningar som grund. Nästa steg är en grov riskvärdering.

Baserat på de olika verksamheter som bedrivs i huset identifieras sju olika områden. Dessa täcker in den dagliga aktiviteten i byggnaden. För att bedöma var de värsta troliga scenarierna kan inträffa beskrivs varje verksamhet med en brands sannolikhet och konsekvens, se Figur 5.1. Indelningen i låg, medel och hög är en grov skattning och jämför enbart verksamheterna internt. Det vill säga att om en brand tilldelas en hög sannolikhet betyder det endast att den bedöms väldigt trolig i jämförelse med de övriga sex bränderna, inte att det är väldigt troligt att den faktiskt inträffar. Samma sak gäller konsekvenserna, då de är enbart en kvalitativ intern jämförelse.

Sannolikhet	Hög	Restaurang		Galleria
	Medel	Källarlager Lastkaj		Psykiatrisk mottagning
	Låg	Garage	Systembolag	
		Låg	Medel	Hög

Konsekvens

Figur 5.1 Riskmatris för brand i kvarteret Juno.

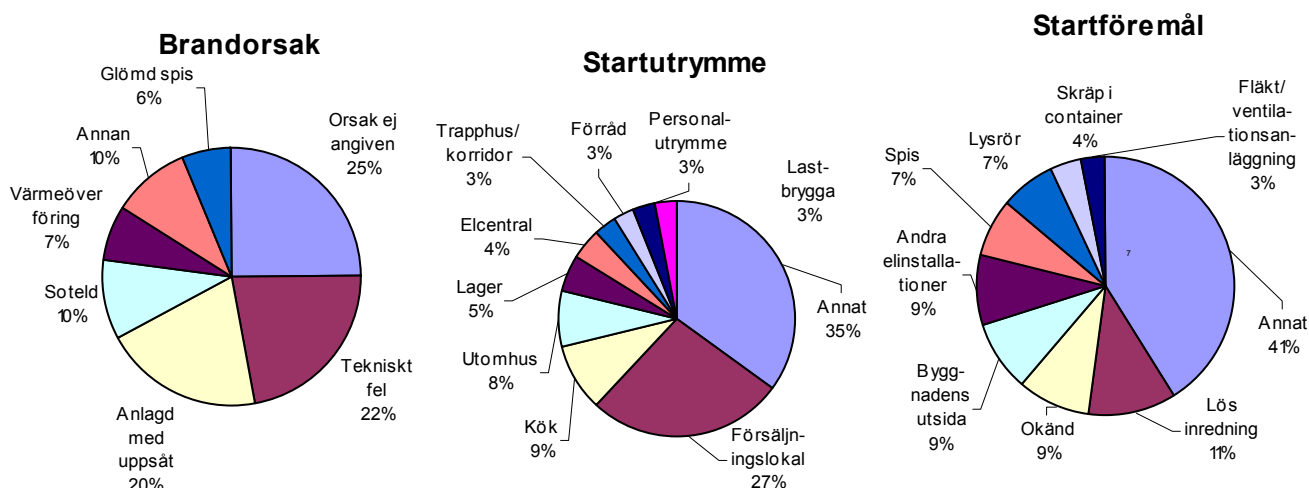
De verksamheter som placeras ovan skiljelinjen är de som studeras närmre i denna rapport. Övriga återfinns i Bilaga K. Med stöd av statistik (<http://ida.srv.se>) och ingenjörsmässiga bedömningar tas tre dimensionerande scenarion fram. En kort och kvalitativ beskrivning av dessa framgallrade scenariers förlopp och konsekvenser återfinns i Kapitel 5.1 till 5.3, även scenariernas särställning i respektive brandcell motiveras.

5.1 Gallerian

En anlagd brand startar i KappAhl invid ingången. Branden sprider sig hastigt från startobjektet till kläderna och vidare till inventarier. Brandgaserna breder ut sig både inåt KappAhl och upp till Plan 2 via entréhallen. Då brandförloppet förväntas bli snabbt hinner ingen försöka släcka branden innan det är för sent. På grund av brandens snabba tillväxt sker detektion av en rökdetektor relativt snabbt.

Branden placeras på Plan 1 då konsekvenserna för hela gallerian förväntas bli större än om en identisk brand placeras på Plan 2. Detta på grund av att på Plan 1 saknas brandgasventilation, takhöjden är lägre och antalet utrymningsvägar är färre än på Plan 2. Scenariot placeras alltså i KappAhl och blockerar troligtvis huvudentrén, vilken är den mest naturliga utrymningsvägen för dem som befinner sig på något av planen i galleriadelen.

Figur 5.2 visar att anlagda bränder är den näst frekventa brandorsaken, försäljningslokal det vanligaste startutrymmet och lös inredning det vanligaste startobjektet.

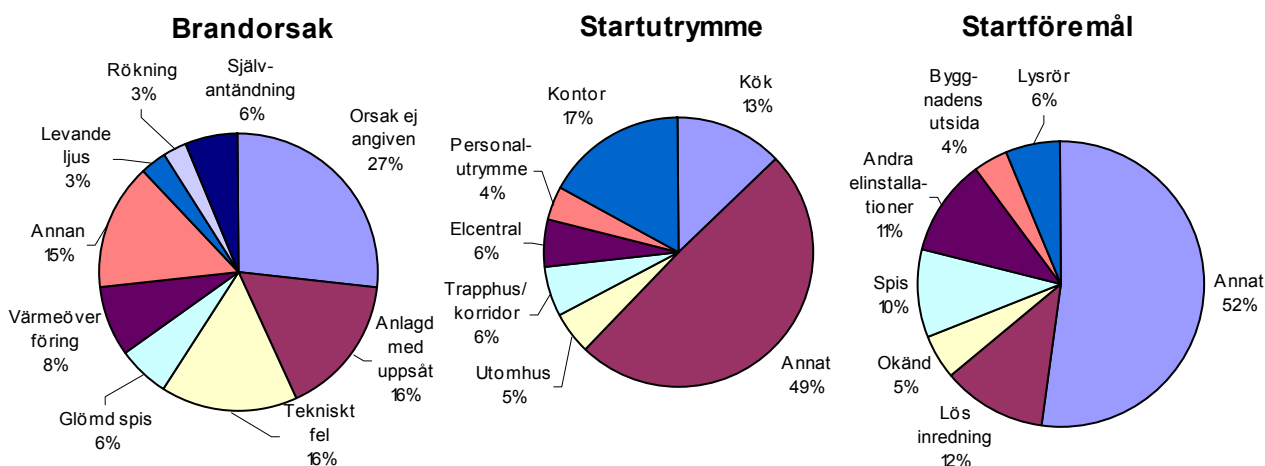


Figur 5.2 Diagrammen visar de vanligaste brandorsakerna, startutrymmena och startföremålen för bränder i Sverige baserat på uppgifter från Räddningsverkets insatsstatistik. Värdena kommer från åren 1998 till 2004 och avser kategorin handel. Samtliga poster som underskrider 3 % redovisas i kategorin Annat (Hansson 2007, s 57-74).

5.2 Restaurang Kwang Chow

Då restaurangen är fullsatt är arbetstempot i köket högt. För att effektivisera arbetet används flera kärl till fritering och tidspressen gör att kärnen glöms bort. Branden orsakas av att oljan överhettas och antänds. Ett släckförsök med en kolsyresläckare görs men återantändning sker eftersom oljan fortfarande är kraftigt upphettad. Köksutrymmena är helkaklade vilket försvårar brandspridning från startutrymmet, däremot sprider sig brandgaserna ut i de övriga utrymmena. En värmedetektor i köket detekterar branden och utlöser utrymningslarmet.

Vätskebränder når väldigt snabbt maximal effekt vilket kan leda till svåra konsekvenser för personsäkerheten. Figur 5.3 visar att bränder orsakade av glömd spis eller värmeöverföring är vanligt förekommande i restauranger, att det sker i köket faller sig naturligt. Frityrolja är inte det vanligaste startföremålet vilket gör scenariot något mindre sannolikt att inträffa men inte så mycket mindre att sannolikheten blir försvinnande liten.



Figur 5.3 Diagrammen visar de vanligaste brandorsakerna, startutrymmena och startföremålen för bränder i Sverige baserat på uppgifter från Räddningsverkets insatsstatistik. Värdena kommer från åren 1998 till 2004 och avser kategorin restaurang. Samtliga poster som underskrider 3 % redovisas i kategorin Annat (Hansson 2007, s 57-74).

5.3 Psykiatriska mottagningen

En brand i den psykiatriska mottagningens personalkök uppstår på grund av en ofrivilligt igångsatt spis med matlådor av plast placerade på plattan. En dörr ut till det angränsande atriets står öppen vilket ger branden tillgång till syre och därmed möjlighet att få en hög effekt. Inga branddetektorer finns i utrymmena och branden tar sig ordentligt i köksinredningen av trä, innan någon efter 5 minuter öppnar dörren mellan atriets och korridoren. Då dörren ut mot korridoren öppnas rökfylls korridoren snabbt och branden detekteras. I all hast glömmer personen att stänga dörren. Att släcka branden med handbrandsläckare i detta skede anses inte möjligt.

Följderna av detta scenario kan bli allvarliga eftersom branden har möjlighet att utvecklas utan att någon märker det. Spridningen sker dessutom ut i korridoren som är den mest naturliga utrymningsvägen vilket kommer att försvåra en snabb och säker utrymning. Att branden orsakas av en glömd spis är troligt. Figur 5.4 visar att en anlagd brand hade varit troligare men då patienterna endast befinner sig i lokalerna då de behandlas av personal anses de inte ha tillfälle att ohindrat starta en brand. Att någon ur personalen skulle anlägga en brand anses som för osannolikt för att behandlas i denna rapport. Ett tekniskt fel hade varit mer sannolikt men bedöms inte kunna orsaka lika svåra konsekvenser. Köket som startutrymme är en naturlig och rimlig följd av att branden orsakas av en glömd spis.



Figur 5.4 Diagrammen visar de vanligaste brandorsakerna, startutrymmena och startföremålen för bränder i Sverige baserat på uppgifter från Räddningsverkets insatsstatistik. Värdena kommer från åren 1998 till 2004 och avser kategorin kontor. Samtliga poster som underskrider 3 % redovisas i kategorin Annat (Hansson 2007, s 57-74). Kategorin kontor har använts då vårdtagarna på avdelningen inte bedöms vara så sjuka att verksamheten kan klassas som psykiatrisk vård.

6 Brand i gallerian

I kapitel 5.1 finns en kvalitativ genomgång av händelseförloppet. Här översätts det till kvantitativa värden och med hjälp av dessa sker beräkningar och simuleringar.

6.1 Dimensionerande brand

Den dimensionerande branden placeras i KappAhl invid ingången, se Bilaga B.1. Detta för att en brand som startar där blockerar en utrymningsväg och förhindrar därmed utrymning via huvudentrén. KappAhls ingång visas i Figur 6.1.



Figur 6.1 KappAhls ingång, innanför den antas branden starta.

Den valda branden är anlagd i kläder och förväntas tillväxa enligt en αt^2 -kurva. Experiment har visat att en brand i fem klädställ har ett α -värde motsvarande medium eller snabb upp till 6 MW (Abrahamsson 1997, s 25). Brandbelastningen i KappAhl är betydligt högre än fem klädställ, därför görs antagandet att tillväxtfaktorn bibehåller sin storlek även för större effekter. Den snabbare tillväxtfaktorn på $\alpha = 0,0469 \text{ kW/s}^2$ väljs för att använda det mer konservativa av de båda. En övre begränsning bestäms inte då branden antas tillväxa obehindrat under tiden det tar att utrymma. För effektkurva se Bilaga A.

6.2 Brandsimulering

CFAST väljs som simuleringsprogram. Programmet är begränsat till tvåzonsmodellen. Hänsyn därtill tas och redovisas vid värdering av resultat.

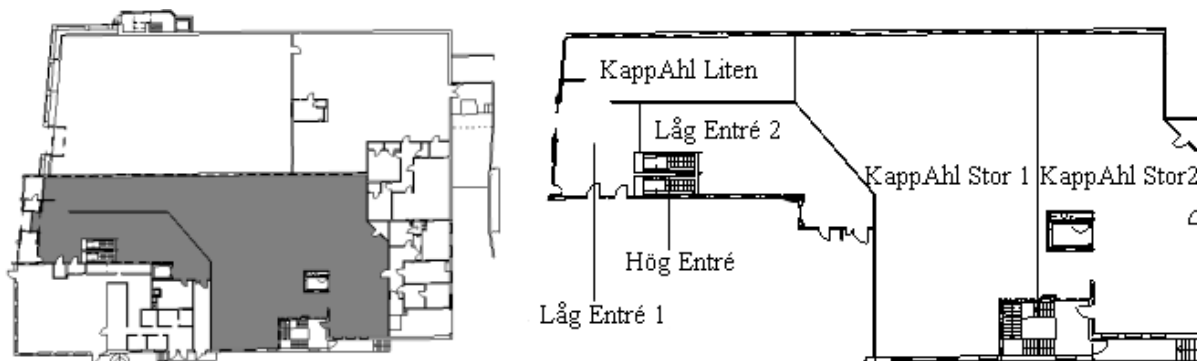
6.2.1 Ingångsvärden

I de fall där så krävs har rummen gjorts om till rätblock eftersom CFAST inte kan hantera några andra rumsgeometrier, för jämförelse se Figur 6.2 och Bilaga B.1 Golvareorna och den totala volymen är ekvivalent med verkligheten. Alla väggar antas bestå av gips. För att undersöka i vilken grad tvåzonsmodellen är applicerbar kontrolleras rumsgeometrierna enligt Tabell 6.1. KappAhl delas även in i tre delar för att avvika mindre från dessa krav.

Tabell 6.1 Genomgång av de aktuella rummens giltighet hos CFAST enligt Tabell 4.1

Utrymme	L/W<3	L/H<3	W/H>0,4	$Q>5 \cdot A \cdot H^{0,5}$ [kW]	Resultat	Åtgärd
KappAhl Liten	3,4	5,7	1,7	442	Nej	-
KappAhl Stor 1	1,7	5,5	3,3	-	Nej	-
KappAhl Stor 2	1,7	5,5	3,3	-	Nej	-
Låg Entré 1	1,1	2,2	2	-	Ok	-
Låg Entré 2	3,1	3,6	1,2	-	Nej	Korridorflöde
Hög Entré	1,3	0,54	0,4	-	Ok	-

Särskild hänsyn behöver tas vid användandet av de fetmarkerade värdena (ISO/WD 13309, 1995). Detta hålls i åtanke och åtgärdas genom att använda de värden som CFAST ger på ett försiktigt sätt, till exempel vid redovisning av tiderna till kritiska förhållanden.



Figur 6.2 De rum hos KappAhl som ingår i simuleringen och deras placering på Plan 1.

Huvudentrén utgörs av två dubbla automatiska skjutdörrar med en sluss emellan. Dessa dörrar är inte öppna hela tiden, utan öppnas när folk passerar. För att möjliggöra simuleringen i CFAST så antas istället endast en av dessa dörrar vara öppen, och det konstant. Kontaktytor mellan simuleringstekniska indelningar är öppna, se Bilaga B.1. Rulltrappan som förbinder Plan 1 och 2 kan inte återges på ett korrekt sätt i CFAST, av den orsaken har en öppning med ungefärlig motsvarande area satts som ett horisontellt flöde mellan Hög Entré och Plan 2.

6.2.2 Tid till kritiska förhållanden

Simuleringen i CFAST ger följande värden på tider till kritiska förhållanden.

Tabell 6.2 Tid till kritiska förhållanden och skiktningsskriterie vid simulering.

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1 · H)	Temperaturdiff. (>20°C)
KappAhl Liten	9 min	4.5 min	4 min	1 min
KappAhl Stor 1	–	–	4 min	2 min
KappAhl Stor 2	–	–	3,5 min	2,5 min

Den kortaste tiden till kritiska förhållanden är ungefär 3,5 minuter och det är den del av KappAhl som ligger längst bort från brandhärden som drabbas först. Där är även lokalens enda nödutgång placerad. I Bilaga D finns illustrerat hur brandgaslagrets höjd varierar med tiden. Tillräcklig temperaturdifferens uppnås efter 2,5 minuter vilket innebär att det först då bildas ett tydligt brandgaslager. Under de första 2,5 minuterna kommer förbränningsprodukterna blandas med luften. Detta kommer att påverka de utrymmen men det antas inte bli kritiskt förrän efter 3,5 minuter.

6.3 Utrymningssimulering

Boverkets Byggregler anger en persontäthet i varuhus på 1 person per 2 m² nettoarea (BBR 2006, s 86). Med nettoarea menas den del av butiken som kunderna har tillgång till, med innerväggar och fast inredning borträknade. Vid simuleringen har dock ingen hänsyn tagits till eventuella innerväggar då exakta mått på dessa saknas. Personfördelningen blir då 296 personer på KappAhl och 494 personer på Plan 2. Eftersom de som befinner sig på Plan 2 och KappAhl delvis kommer att nyttja samma trapphus och trängsel kan uppstå där, kontrolleras utrymningstiderna för Plan 2.

De värden som sätts in i Simulex kommer att baseras på egna bedömningar och tillgänglig forskning för besluts- och reaktionstider (Frantzich 2001). Nödutgången på KappAhl flyttas i Simulex enligt Figur 6.3, då programmet inte kan hantera u-svängar tillfredställande och antas istället sitta riktad in mot KappAhl. Då tiden till utrymning räknas vid den tidpunkt människorna utrymt till annan brandcell, trapphuset i detta fall, blir det ingen stor skillnad i gångavstånd. Samma sak görs med dörren till trapphuset på Plan 2, där trappan antas börja direkt innanför dörren enligt Figur 6.3. Detta ger en liten skillnad i gångavstånd, men inte så pass mycket att det inverkar på slutresultatet.

6.3.1 Ingångsvärden

Tiden till utrymning beräknas enligt Kapitel 4.2 med

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

Tiden då utrymning påbörjas kommer att baseras på antagen tid till detektoraktivering. Litteratur ger att en rökdetektor aktiveras vid en temperaturökning på mellan 4°C och 20°C (Nilsson et al. 2007, s 74). För att välja ett relativt konservativt värde görs antagandet att detektorn aktiveras vid en temperaturökning på 15°C. Då ingångstemperaturen väljs till 25°C kommer det, enligt simuleringar i CFAST, att dröja 60 sekunder innan temperaturen i brandgaslagret når 40°C.

Tiderna tills det att utrymning startas ges av följande resonemang, se också Tabell 6.3.

De personer som befinner sig i startobjektets närhet antas upptäcka branden direkt då det börjar brinna. Detta medför en varseblivningstid på 10 sekunder. Ser man till den Delphiundersökning som redovisas i ”Tid för utrymning vid brand” så är tiden för beslut och reaktion för en person som ser en brand eller dess brandgaser 60 ± 15 sekunder (Frantzich 2001, s 99). Detta medför att $t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} = 70 \pm 15$ och vid denna tidpunkt kommer alla som befinner sig i KappAhl Liten att bege sig mot huvudentrén.

De personer som befinner sig längst ifrån branden, i det område nödutgången finns, antas inte upptäcka att något sker förrän utrymningslarmet ljuder vid 60 sekunder. Vid denna tidpunkt borde de också se brandgaser som strömmar ut från det område branden startat och förväntas därför ha en besluts- och reaktionstid på 60 ± 15 sekunder (Frantzich 2001, s 99). Detta medför att $t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} = 120 \pm 15$ sekunder.

De personer som befinner sig närmre branden, vid den del som angränsar till KappAhl Liten, förväntas ha en varseblivningstid någonstans mellan de två tidigare nämnda, alltså 30 sekunder. Vid denna tidpunkt har brandgaslagret sjunkit inne i brandrummet och brandgaser kommer att strömma ut i resterande delar av KappAhl. Detta medför att $t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}}$ kommer att bli 90 ± 15 sekunder.

Reaktionstiderna för de som befinner sig på KappAhl delas in enligt Figur 6.3.

Ingen av dem som befinner sig i KappAhl Stor 1 och 2 kommer att använda sig av huvudentrén då denna kommer att blockeras av branden.

Inledningsvis förväntas de som befinner sig på Plan 2 röra sig mot rulltrapporna, då personer som befinner sig i okänd miljö oftast väljer att ta samma väg ut som de kom in (Frantzich 2001, s 33). Då de kommer fram till rulltrapporna kommer både brand och brandgaser förhindra att de tar denna väg ut, vilket leder till att de vänder om och använder sig av de befintliga nödutgångarna på Plan 2.

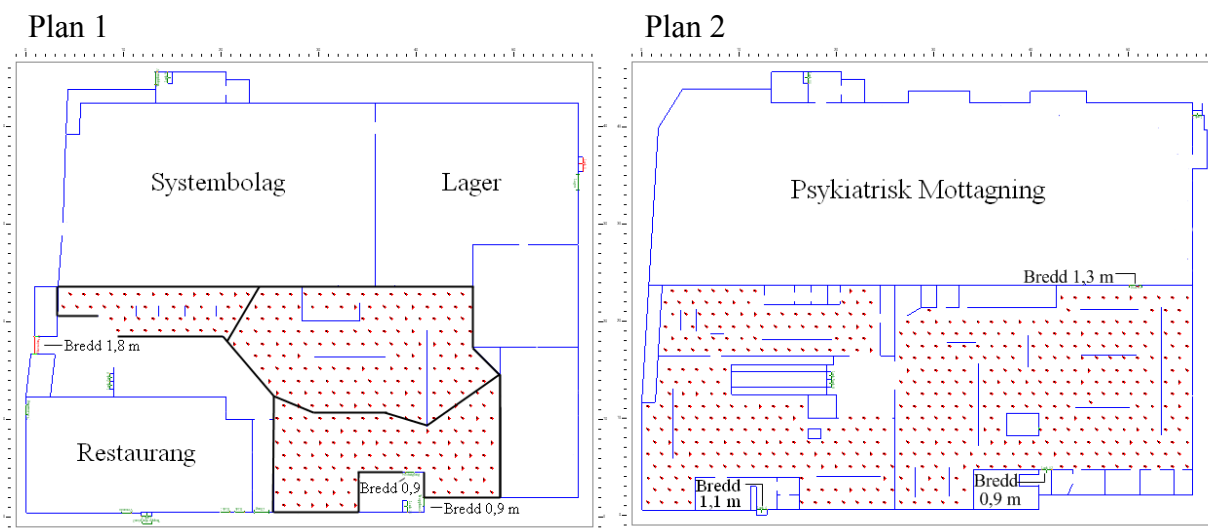
Människorna som befinner sig i de mindre affärerna på Plan 2, Expert, Kembali och Nivå, antas inte se några brandgaser initialt och kommer därför inte att bli varse att någonting skett förrän utrymningslarmet sätter igång. Därefter kommer det att ta 60 ± 15 sekunder innan de påbörjar förflyttning då det är den ungefärliga besluts- och reaktionstiden för människor som befinner sig i en liten butik och inte ser branden (Frantzich 2001, s 101). Därför kommer $t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}}$ att bli 120 ± 15 sekunder.

Lindex antas klassas som varuhus och för personer som håller på att handla antas då besluts- och reaktionstiden till 210 ± 50 sekunder (Frantzich 2001, s 93). Här förutsätts även att det finns personal på plats som på ett bra sätt kan hantera en utrymning (Frantzich 2001, s 100). Inte heller personerna här antas uppfatta att någonting hänt förrän utrymningslarmet sätter igång. Detta ger då att $t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}}$ blir 270 ± 50 sekunder.

1 person per 2 m^2 , vilket ger 790 personer totalt i galleriadelen, används i Simulex och alla personer definieras som ”shoppers” enligt programmets mall. Detta medför en fördelning på 35 % vuxna män, 40 % vuxna kvinnor, 15 % barn och 10 % äldre.

Tabell 6.3 Sammanfattning av tid till dess utrymning startar för de olika utrymmena.

Utrymme Plan 1	Utrymning startar [s]	Utrymme Plan 2	Utrymning startar [s]
KappAhl	70 ± 15	Expert	120 ± 15
KappAhl	90 ± 15	Kembali & Nivå	120 ± 15
KappAhl	120 ± 15	Lindex	270 ± 50



Figur 6.3 Personbelastning för de båda planen. Uppdelningen i de olika varseblivningstiderna för Plan 1 markeras med svart ram. Bredden på utrymningsdörrar är utsatta.

6.3.2 Tid till utrymning

Tabell 6.4 Utrymningstider för KappAhl.

Händelse	Tid [m:s]
Alla som befann sig i KappAhl utrymt till annan brandcell	4:10
Alla utrymt galleriadelen	6:25

Utrymningen från Plan 2 tar så pass mycket längre tid eftersom tiden innan förflyttning påbörjas är längre för dem som befinner sig på Lindex än de som befinner sig på Plan 1. Även trapporna från Plan 2 kommer att inverka på förflyttningstiden då det finns vissa begränsningar i hur personerna i Simulex förflyttar sig.

En kontroll av utrymningstiderna görs genom handberäkningar, se Bilaga J, dessa visar sig stämma väl överens med de som Simulex angett.

6.4 Känslighetsanalys

De parametrar som undersöks i känslighetsanalysen är vägg- och golvmaterial, stängd huvudentré, den mekaniska ventilationen, den dimensionerande branden och utrymningstiden. Effekterna av de olika parametrarna undersöks i 10 minuter, då detta antas vara den relevanta tiden för personsäkerheten och utrymning förväntas vara avklarad inom denna tid.

6.4.1 CFAST

Väggmaterialet ändras från gips till isolering med glasfiberull. För att se vilken effekt tilluftsflödet från huvudentrén har simuleras branden utan denna öppning till det fria. Den mekaniska ventilationens påverkan undersöks genom att simulera den valda branden med befintlig ventilation och antagen area på ventilationsöppningar. Ingen av dessa parametrar visar sig ha någon inverkan på tiden till kritiska förhållanden vilket Bilaga C.1 visar.

Störst påverkan på tiden till kritiska förhållanden har brandens effektutveckling. Ersätts den ursprungliga tillväxtfaktorn med en ultrasnabb ($\alpha = 0,1876 \text{ kW/s}^2$) påverkas tiden till kritiska förhållanden markant, från 3,5 minuter till 2 minuter och det rum som kritiska förhållanden uppstår först i ändras från KappAhl Stor 2 till KappAhl Liten vilket visas i Bilaga C.1.

6.4.2 Utrymningssimulering

Utrymningstiden för de som befinner sig på KappAhl innehåller en viss osäkerhet i och med att tiderna för varseblivning, beslut och reaktion är antagna om än med stöd i forskning och kunskap om de lokala förhållandena. Förlänger man dessa tider kommer förflyttningen att starta senare och därigenom kommer utrymningen att fördröjas. Analogt kommer tiden till utrymning förkortas om man förkortar tiden till dess utrymning startar. Varieras den indelning som gjorts i Figur 6.3 och gruppernas storlek, kommer den slutgiltiga tiden också att ändras. Sammantaget finns en osäkerhet som bedöms vara av viss betydande karaktär.

6.5 Resultat

Den första tidpunkten då kritiska förhållanden uppstår i KappAhl är ungefär 3,5 minuter och då understiger brandgaslagrets höjd det tillåtna värdet i den del av KappAhl där utrymningssvägen är belägen. Simuleringen i Simulex visar att utrymningstiden blir cirka 4 minuter för dem som befinner sig på KappAhl, vilket överstiger den tid till kritiska förhållanden som CFAST ger och medför att ett antal personer kommer att befinna sig i KappAhl då förhållandena försvårar utrymning. Bilaga F visar hur utrymningssituationen ser ut vid den tidpunkt kritiska förhållanden uppstår vid nödutgången på KappAhl.

6.6 Diskussion

Den valda delen av byggnaden har en geometri som inte är helt gångbar i CFAST utan har för många rum och en öppning mellan våningsplan som är alltför invecklad. Därutöver når flammorna förmodligen taket och en plym saknas då. Därmed bör resultaten från programmet inte tas bokstavigt men de kan ge en uppfattning av förhållandena i brandrummet och intilliggande rum. Hänsyn har tagits genom att inte använda några resultat från Plan 2 då dessa anses alltför otillförlitliga.

Tiden till kritiska förhållanden är 3,5 minuter enligt CFAST, då programmet inte tar hänsyn till transporttider skulle detta kunna göra att tiden är något längre i själva verket. Mot detta talar det faktum att CFAST ger ett medelvärde i varje utrymme vilket innebär att

brandgaslagrets höjd i den delen av KappAhl där utrymningsvägen är placerad skulle kunna nå kritisk höjd tidigare än 3,5 minuter. Anledningen till att just den delen av KappAhl drabbas först är att brandgaslagrets kritiska nivå är olika i KappAhl Liten och KappAhl Stor 1 och 2, på grund av olika takhöjder. Det är följden då definitionen av den kritiska nivån på brandgaslagrets höjd baseras på en procentandel av den totala takhöjden.

Under de första 2,5 minuterna bildas troligtvis inget brandgaslager i KappAhl Stor 2 utan de som utrymmer kommer att exponeras för förbränningsprodukterna. Brandgaslager bildas inte förrän tillräcklig mängd brandgaser med hög temperatur producerats. De brandgaser som finns sedan tidigare skiktas inte utan det är de nyproducerade gaserna som skapar lager. Siktberäkningar är inget bra alternativ då antagandet om omblandade förhållanden ses som för grovt i det initiala skedet. Detta på grund av stora volymer och massflödet ut ur KappAhl. De utrymmande som utsätts för brandgaser antas inte påverkas av dem då det är tidigt i brandförloppet och branden är placerad långt bort, koncentrationerna av toxiska gaser antas inte överskrida gränsvärdena och sotmängden antas inte bidra till kritisk sikt. Trots att antagandet görs att det inte påverkar de utrymmande bör exponeringen minimeras vilket talar för någon form av åtgärd.

Känslighetsanalysen visar att det är brandens effektutveckling som är helt avgörande för tiden till kritiska förhållanden. En snabbare tillväxthastighet och en högre effekt påverkar tiden så att den minskar till ungefär 2 minuter. En sådan brand skulle troligtvis upptäckas i ett tidigt skede, då den efter 1 minut har en effekt på nästan 700 kW. Den är alltså märkbar för de personer som befinner sig i närmaste omgivningen och utrymningen skulle påbörjas tidigare. Trots detta skulle det vara mycket svårt att klara personsäkerheten, man bör dock ha i åtanke att det här är värre än värsta tänkbara brand och osannolikt.

Simulering visar att utrymning från Plan 1 sker innan effekten 6 MW uppnås. Följaktligen används enbart den del av brandens tillväxt där α -värdet är experimentellt fastställt.

Då huvudentrén blockeras och endast en nödutgång kan användas av dem som befinner sig på KappAhl, så visar försök i Simulex att alla inte hinner ut från KappAhl innan kritiska värden för brandgaslagrets höjd uppnås. Åtgärder måste därför vidtas. Felkällor när det gäller tiden det tar till utrymning kan vara svårigheter i att välja till exempel varseblivningstid. Den antagna indelningen enligt Figur 6.3 som visar när personer blir varse att något skett är också en relativt stor felkälla. En annan indelning kan mycket väl ge både längre och kortare utrymningstider. Ännu en felkälla kan vara att hinder såsom klädställ och liknande nästan helt exkluderats. Dessa kommer, om de tas med i beräkningarna, att orsaka trängsel och svårigheter i att ta sig fram, vilket gör att utrymningstiderna bör öka.

I de simuleringar som görs kommer de som befinner sig på Plan 2 till viss del att börja utrymma innan de som befinner sig på KappAhl hunnit utrymma. Detta medför att viss trängsel kommer att uppstå i det gemensamma trapphuset, och därigenom kommer den beräknade utrymningstiden för KappAhl öka. Eftersom trängsel i trapphuset inte tas med av simuleringstekniska skäl måste man ha detta i åtanke då tiderna till utrymning för KappAhl anges.

Viss hänsyn måste tas då det gäller våra indata. Personalen har bra överblick då kassorna ligger nära entrén vilket borde påverka tiden det tar tills utrymning påbörjas. Om endast ett

fåtal ser branden eller brandgaserna och resterande enbart hör utrymningslarmet kan det dock fortfarande ta relativt lång tid innan utrymningen för huvuddelen av kunderna påbörjas.

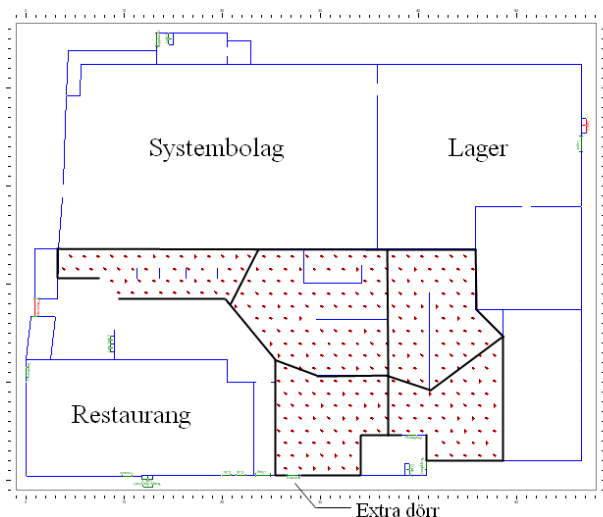
Vissa begränsningar finns också då det gäller förflyttning i Simulex. Vid ett verkligt förlopp är det troligt att man väljer en annan utgång då man ser att det är väldigt lång kö vid den man till en början tänkt använda sig av. Detta tar Simulex ingen hänsyn till, utan alla personer använder sig av den utgång man angett. Antagandet har gjorts att alla som befinner sig på Nivå och Kembali använder sig av nödutgången vid Expert, vilket gör att det bildas orimliga köer där. I verkligheten är det troligt att åtminstone en del av kunderna på de aktuella affärerna använder sig av nödutgångarna på Lindex.

6.7 Förslag till åtgärder

Varje åtgärdsförslag presenteras, motiveras och verifieras i möjligaste mån i ett eget stycke under respektive rubrik. Förslagen är en lösning på problematiken med personsäkerhet och alternativa lösningar kan finnas.

6.7.1 Extra dörr

Då branden antas starta på KappAhl Liten medför det att huvudentrén blockeras och utrymning kan då ske genom endast en dörr. Personbelastningen på denna dörr blir så pass hög att människorna inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. För att underlätta utrymning sätts en extra dörr in i ytterväggen på KappAhl enligt Figur 6.4. Dörren ska öppnas utåt och ha en bredd på 1,2 meter. Detta då en utrymningsväg från en brandcell avsedd för fler än 150 personer inte bör understiga 1,2 meter (BBR 2006, s 81).



Figur 6.4 Extra dörr insatt i KappAhl.

Dörrens placering gör att den mynnar en bit ovanför marken, därför krävs en tillbyggnad på fasaden. Ett förslag är att förlänga den befintliga betongavsatsen vid restaurangen, eller bygga en trappa. Valet att inte placera dörren i väggen som angränsar till Systembolaget är baserat på det faktum att utrymning i sådana fall måste ske antingen genom en annan butik, eller ett lager, vilket inte är helt optimalt. Placerar man dörren enligt Figur 6.4 kommer utrymning att ske direkt till det fria, vilket är att föredra.

Tabell 6.5 Utrymningstider för KappAhl med insatt extra dörr i ytterväggen.

Händelse	Tid [m:s]
Alla som befinner sig i KappAhl utrymt till annan brandcell	2:45
Alla utrymt galleriadeln	6:25

Även om de parametrar man använder i beräkningarna är relativt osäkra så tyder allt på att en åtgärd behövs. Ett kostnadseffektivt förslag är att sätta in en extra dörr för att underlätta utrymning från Plan 1 vid en eventuell brand. Utrymningstiden förkortas då med nästan 1,5 minut. Även här görs handberäkningar för att kontrollera de värden som ges för utrymningstider, och de stämmer väl överens med dem som ges i Simulex. Se Bilaga J för antaganden och tider. Då en extra dörr sätts in kommer alla som befinner sig på KappAhl att hinna utrymma innan Plan 2, vilket medför att det inte uppstår någon trängsel i trapphuset.

7 Brand i restaurang Kwang Chow

I Kapitel 5.2 finns en kvalitativ genomgång av brandscenariots händelseförlopp. Här översätts det till kvantitativa värden och med hjälp av dessa sker beräkningar och simuleringar. Tonvikten läggs på gästernas säkerhet. Äventyras den riskerar konsekvenserna att bli som värst.

7.1 Dimensionerande brand

Då inga dokumenterade effektutvecklingar från tidigare brandförsök i frityrolja har hittats utförs ett eget enklare experiment för att bestämma massavbrinningen för att därifrån räkna fram en effekt. En beskrivning av experimentet återfinns i Bilaga G och det är tre kärl som antas brinna. Då värdena som redovisas nedan kombineras med Ekvation 4.5 ges en konstant effektutveckling på 220 kW. En graf över effektutvecklingen redovisas i Bilaga A.

$\Delta H_C = 40\,000$ kJ/kg (Värdet för olika vegetabiliska matoljor från SFPE 2002, A.42)

$\chi = 0,7$ (Karlsson et al. 2000, s 31) $\dot{m} = 0,0078$ kg/s (Experimentellt fastställt värde)



Figur 7.1 Inblick i köket hos Kwang Chow.

7.2 Brandsimulering

CFAST väljs som simuleringsprogram. Programmet är begränsat till tvåzonsmodellen. Hänsyn därtill tas och redovisas vid värdering av resultat.

7.2.1 Ingångsvärden

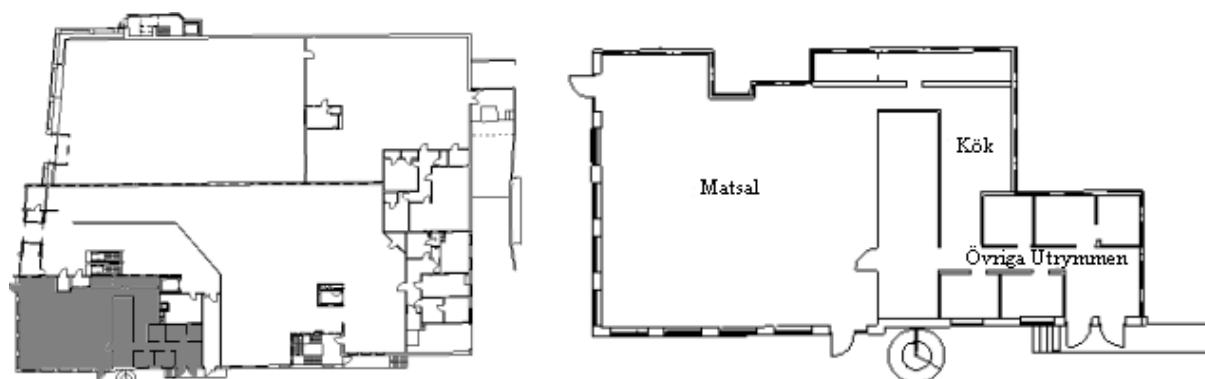
Restaurangens geometri förenklas något vid simuleringen, förenklingen består i att flertalet utrymmen i anslutning till köket slagits samman till ett utrymme. Resultatet av

sammanslagningen visas i Bilaga B.2, för jämförelse se Figur 7.2. Modifieringen påverkar antagligen hur rökspridning sker i de sammanslagna utrymmena men påverkan förväntas bli marginell i matsalen, det vill säga i det rum som är intressant ur ett personsäkerhetsperspektiv. Vad som inte framgår av ritningen i Figur 7.2 är den bardisk som förbinder Matsal med Kök och Övriga Utrymmen. I Bilaga B.2 återges den förenklade placeringen vilken används vid simulering. I Tabell 7.1 visas resultatet från en giltighetskontroll utförd för rummen som simuleras i CFAST.

Tabell 7.1 Genomgång av de aktuella rummens giltighet hos CFAST (ISO/WD 13390, 1995).

Utrymme	L/W<3	L/H<3	W/H>0,4	$Q>5 \cdot A \cdot H^{0,5}$ [kW]	Resultat	Åtgärd
Matsal	1,4	4,6	3,4	-	Nej	-
Kök	1,5	2	1,4	152	Ok	-
Övriga Utrymmen	1,8	2,4	0,6	-	Ok	-

Matsalens geometri är inte helt gångbar i CFAST vilket tas extra hänsyn till vid tolkning av resultaten. Alla väggar och tak antas bestå av gipsskivor, branden placeras i köket och förloppet simuleras i 10 minuter. Läckor genom väggar, tak, golv, fönster och dörrar tas hänsyn till genom att en smal strimma längs en av väggarna i varje rum läggs in i programmet, se Bilaga B.2. Läckornas area bestäms genom att anta att utrymmena har en läckageyta om $1,8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ (Jensen 2007, s 2).



Figur 7.2 De rum i Kwang Chow som ingår i simuleringen och deras placering på Plan 1.

7.2.2 Tid till kritiska förhållanden

Tabell 7.2 Tid till kritiska förhållanden och skiktningsskriterium vid simulering.

Utrymme	Nedre temperatur (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1 · h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Matsal	-	-	1,5 min	1 min

Simuleringen visar att kritiska förhållanden i matsalen uppstår efter 1,5 minut då brandgaslagrets höjd över golvet är lägre än 1,9 meter, se Bilaga D. Dock ska det noteras att temperaturen i brandgaslagret till en början är för låg för att en skiktning ska uppstå, skillnaden överskrider 20°C först efter cirka 1 minut. På grund av detta utförs även handberäkningar på siktförhållandena med förutsättning att brandgaserna blir väl ombländade med luften.

7.3 Handberäkningar

Då brandgaserna som tar sig ut i matsalen enligt CFAST-simuleringen till en början har för låg temperatur för att skikta sig antas brandgaserna istället bli väl omblandade. Detta antagande gör det möjligt att använda sig av metoden som beskrivs i Kapitel 4.3.2. Enligt Boverkets Byggregler får sikten inte underskrida 10 meter om utrymning skall anses möjlig. Denna bestämmelse är ej rimlig att tillämpa på detta scenario då man med en sikt på 10 meter fortfarande kan se i princip hela matsalen. Med det som bakgrund väljs 5 meters sikt som den kritiska sikt som omöjliggör utrymning. För att beräkna vilken optisk densitet som ger 5 meters sikt används Ekvation 4.2 vilket ger att $D_L = 0,46 \text{ m}^{-1}$. Vidare används Ekvation 4.4 för att bestämma vilken massa förbränt bränsle som ger upphov till sikten 5 meter, följande indata nyttjas:

$$D_0 = 280 \text{ m}^2/\text{kg} \text{ (Bestäms i Bilaga H)} \quad D_L = 0,46 \text{ m}^{-1}$$
$$V = 560 \text{ m}^3 \text{ (Restaurangens totala volym)}$$

Detta ger att massan som krävs är 1 kg. För att nu räkna fram tiden till sikten blivit 5 meter används den framräknade massan, Ekvation 4.7 och följande värden:

$$\dot{Q} = 220 \text{ kW} \text{ (Kapitel 7.1)} \quad t_1 = 0 \text{ s}$$
$$\Delta H_c = 40\,000 \text{ kJ/kg} \text{ (SFPE 2002, A.42)} \quad \chi = 0,7 \text{ (Karlsson et al. 2000, s 31)}$$

$$\Delta H_c \cdot m \cdot \chi = \dot{Q} \cdot (t_2 - t_1) \Leftrightarrow 40000 \cdot 0,92 \cdot 0,7 = 220 \cdot t_2 \Leftrightarrow t_2 = 117 \text{ s} \approx 2 \text{ min}$$

7.3.1 Tid till kritiska förhållanden

Handberäkningar på sikten visar att kritiska förhållanden uppstår efter 2 minuter.

7.4 Utrymning

För att bestämma hur lång tid det tar att utrymma restaurangen nyttjas uppdelningen av utrymningstiden som beskrivs i Kapitel 4.2.

7.4.1 Ingångsvärden

Varseblivningstiden beror framförallt av tiden till utrymningslarmets aktivering och gästernas möjlighet att observera brandgaser. Det finns en värmedetektor inne i köket och flertalet rökdetektorer i personalens utrymmen i anslutning till köket samt en rökdetektor ute i matsalen.

Information om värmedetektorns aktiveringstemperatur finns ej tillgänglig men den antas vara en maximalvärmedetektor som aktiverar vid 60°C. Antagandet bygger på rekommendationen från Svenska Brandförsvarsföreningen att detektion bör ske vid 20-35°C över högsta normaltemperatur i rummet (Nilsson et al. 2007, s 23). Högsta normaltemperatur antas vara omkring 40°C då köket är i full drift. På grund av geometrin i brandens närområde är det olämpligt att använda vanliga metoder för aktiveringstiden. Plymen kommer att hindras och omformas av en fläkthuv innan den når taket varför till exempel Alperts korrelationer, som förutsätter att en ostörd plym når taket och bildar takstråle, inte är tillämplig (Nilsson et al. 2007, s 45). Ett kvalitativt resonemang nyttjas istället för att ge tiden till aktivering. Temperaturen i brandgaslagret blir enligt CFAST-beräkningarna 65°C efter cirka 10

sekunder. I detta fall är det rimligt att anta att CFAST ger användbara värden då vi är i brandrummet och temperaturskillnaden blir tillräckligt stor för tvåzonsbildning. Tar man hänsyn till detektorns termiska tröghet bör tiden vara någonstans under 1 minut, exakt hur mycket under är, med tillgängliga verktyg, omöjligt att beräkna. Därför görs den konservativa uppskattningen av aktiveringstiden till 1 minut.

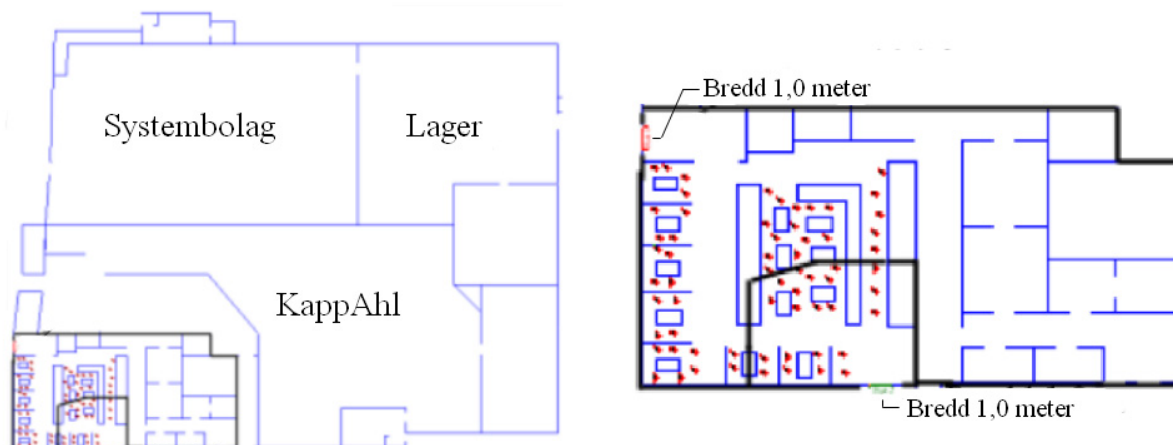
För att beräkna när rökdetektorerna aktiveras krävs även här ett antagande om vilken känslighetsnivå detektorn har eftersom den informationen ej finns tillgänglig. Enligt olika forskare kan man förvänta sig aktivering vid en temperaturökning på mellan 4°C och 20°C (Nilsson et al. 2007, s 74). Ett konservativt värde på 15°C väljs. Temperaturökningen på 15°C sker enligt CFAST efter cirka 0,5 minut i utrymmena som kallas Övriga Utrymmen. Rummet Övriga Utrymmen består egentligen av flertalet rum och CFAST-värdena bör därför tolkas med försiktighet. En konservativ bedömning är att rökdetektorn aktiveras efter 1,5 minuter.

Det som kvarstår för att bestämma reaktionstiden är en bedömning av när personerna ser brandgaserna. Enligt CFAST-simuleringen börjar ett brandgaslager formeras i matsalen efter cirka 0,5 minut. Det är fullt möjligt att röken till en början tolkas som bränd mat, alltså inte som en direkt fara. Personerna antas inse att det är en situation där fara kan uppstå först 1 minut från det att branden startar.

Sammanfattningsvis inser restauranggästerna att brandgaserna utgör ett hot efter 1 minut och utrymningslarmet går efter lika lång tid, varseblivningstiden uppskattas därmed till 1 minut.

Besluts- och reaktionstiden antas bli kort då personerna i lokalen har insett att det brinner, både genom egna observationer av brandgaser och utrymningslarmet. Tiden bestäms till 1 minut (Frantzich 2001, s 99-100). Någon större variation i besluts- och reaktionstid bland personerna är inte att förvänta då den sociala faktorn gör att när någon väl påbörjar utrymning så följer andra med (Nilsson 2006, s 37-38). Värdet på besluts- och reaktionstiden 1 minut \pm 10 sekunder blir ingångsvärdet i Simulex.

I Simulex ritas geometrin upp enligt Figur 7.3. Personbelastningen bestäms till 63 personer vilket är det antal personer som uppskattas kunna sitta i restaurangen samtidigt. Personerna tilldelas de egenskaper som följer med "Office Staff" vilket innebär att 60 % är vuxna män och 40 % är vuxna kvinnor.



Figur 7.3 Personbelastning för Kwang Chow. Uppdelningen i val av utrymningsväg markeras med svart ram. Bredden på utrymningsdörrar är utsatta.

7.4.2 Tid till utrymning

Varseblivningstiden för människorna i restaurangen är 1 minut. Besluts- reaktions- och förflyttningstiden är 1,5 minut vilket ger en total utrymningstid på 2,5 minuter.

7.5 Känslighetsanalys

De ingångsvärden som innehåller osäkerheter i detta scenario är väggmaterialet, tiden till ventilationen stängs av och rökpotentialen för oljan. Dessa parametrar utsätts därför för en analys som ska identifiera hur stor deras inverkan på utfallet är.

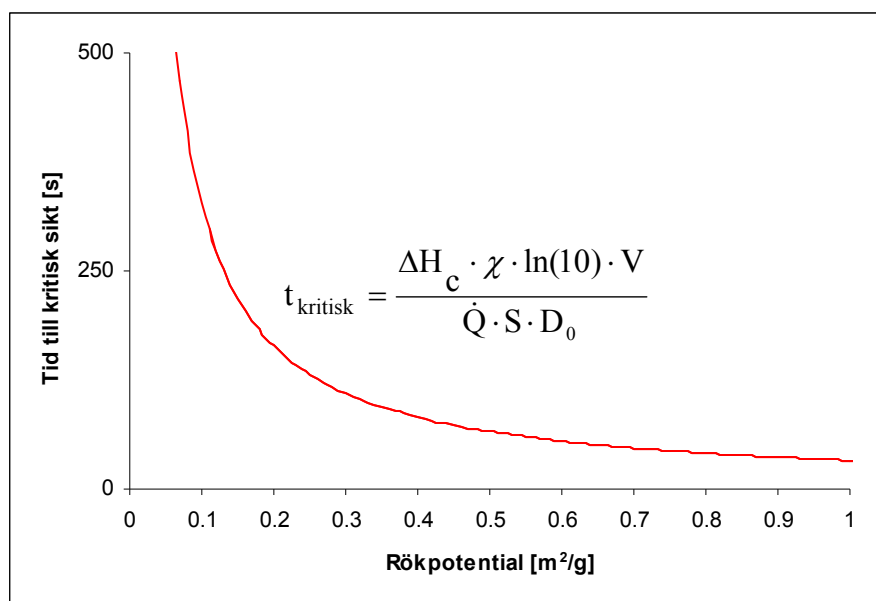
7.5.1 CFAST

Uppgifter om exakt vilka material väggarna och taken i restaurangen är gjorda av saknas, dessa varierar därför till ett väldigt dåligt isolerande material, glas, och ett väldigt välisolerande material, mineralull. Både glas och glasfiber ger i det närmaste identiskt tid till kritiska förhållanden som gipset. Slutsatsen blir att valet av väggmaterial inte påverkar resultatet från simuleringen.

För att testa hur stor inverkan ventilationen har på brandförloppet simuleras ett fall där ventilationen inte stängs av alls. Tiden till kritisk sikt blir något längre men det tar längre tid att uppnå erforderlig temperaturskillnad. Analysen anses inte påverka resultatet nämnvärt. Samtliga tider som diskuteras i detta kapitel redovisas i Bilaga C.2.

7.5.2 Handberäkningar

Inget experimentellt fastställt värde på rökpotentialen har funnits i den lästa litteraturen och beräkningen i Bilaga H innehåller stora osäkerheter. En grafisk framställning av känsligheten för variationer i D_0 återges i Figur 7.4, grafen fås genom en kombination av Ekvation 4.2, 4.4 och 4.7 med värden givna i Kapitel 7.3.



Figur 7.4 Visar tiden till kritisk sikt som funktion av en variabel D_0 .

En slutsats som kan dras utifrån Figur 7.4 är att D_0 ger ett visst utslag på tiden till kritisk sikt, en ökning från 0,28 till 0,4 motsvarar en minskning av tiden på 0,5 minut. En minskning, från 0,28 till 0,15 ger en ökning av tiden med 1,5 minut. Slutsatsen är att det föreligger en osäkerhet i tiden 2 minuter som beräknats i Kapitel 7.3 på grund av osäkerheten i rökpotentialen.

Tiden det tar för ventilationen att stängas av beror på var och hur ventilationssystemet detekterar branden, dessvärre saknas information om hur detta sker. En analys av hur en eventuell fördröjning skulle påverka resultatet görs genom att skapa följande tidsberoende uttryck för volymen som ska rökfyllas:

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{rest}} + \dot{V}_{\text{vent}} \cdot t_{\text{vent}}$$

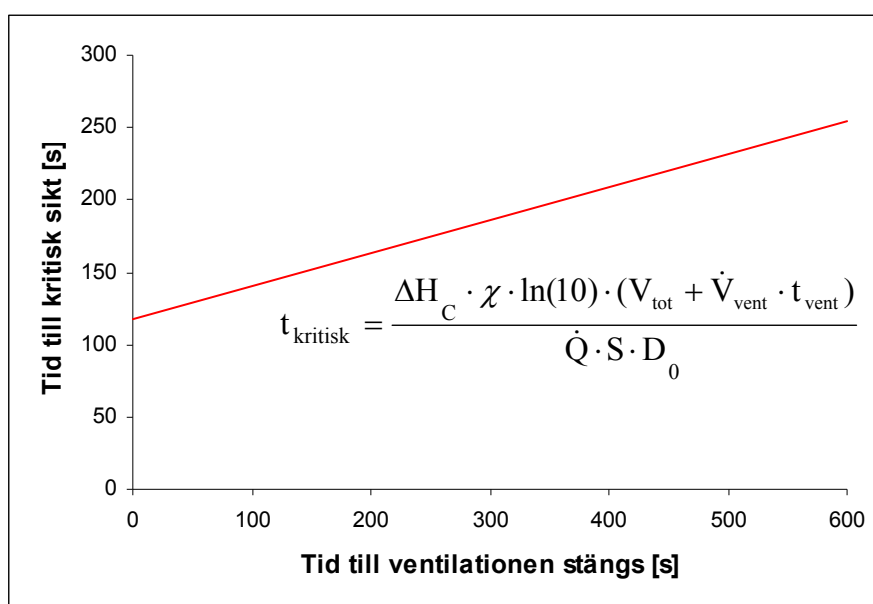
V_{tot} = Den volym som ska rökfyllas som funktion av tiden till ventilationen stängs. [m^3]

V_{rest} = Restaurangens volym, den som begränsas av väggar, tak och golv. [m^3]

\dot{V}_{vent} = Summan av alla ventilationsflöden i restaurangen. [m^3/s]

t_{vent} = Tiden till ventilationen stängs av. [s]

Det vill säga att volymen som ska fyllas ökar så länge ventilationen är på. Detta sätt att ta hänsyn till ventilationen är ingen vedertagen metod och bygger på en relativt grov idealisering av ventilationen i hela restaurangen. Alla flöden klumpas ihop och används på samma sätt oavsett hur de är placerade i förhållande till branden. Vissa är i verkligheten nära branden och bör egentligen ha större inverkan än de som är placerade längre bort. Men uttrycket antas vara en tillräckligt god representant för verkligheten. Det nya uttrycket V_{tot} får ersätta V i Ekvation 4.4 som i kombination med Ekvation 4.2 och 4.7 ger Figur 7.5. Figuren visar att de utrymmande personerna får längre tid på sig ju längre tid det tar för ventilationen att stängas av. En fördröjning med 2 minuter resulterar i en förlängning av tiden till kritisk sikt med 0,5 minut. Dock kvarstår antagandet att flödena bryts omedelbart för att säkerställa att resultatet befinner sig på säkra sidan.



Figur 7.5 Visar hur tiden till ventilationen stängs påverkar tiden till kritiska förhållanden.

7.6 Resultat

Tid till kritiska förhållanden är enligt handberäkningarna 2 minuter, enligt CFAST tar det 1,5 minut. Båda modellerna beskriver varsitt ytterlighetsfall och sanningen ligger antagligen mellan dessa värden. Det är att jämföra med tiden för utrymning som är 2,5 minuter. Resultatet är alltså att personerna i restaurangen inte hinner utrymma innan sikten blivit så pass försämrad att utrymning försvåras.

7.7 Diskussion

Känslighetsanalysen för handberäkningarna visar att det finns en osäkerhet i tiden till kritiska förhållanden. Ändringar i rökpotentialen ger utslag på resultatet och tiden till ventilationssystemets avstängning har viss inverkan men gör man konservativa bedömningar blir resultatet det som redovisas i Kapitel 7.6. Rökpotentialen valdes lågt trots att beräkningar i Bilaga H tyder på ett högre värde. På grund av bristande information om ventilationssystemets detektion av brand görs det konservativa antagandet att det stängs av omedelbart då branden startar. I handberäkningarna tas ingen hänsyn till transporttider, även om brandgaserna blandas väl med resten av luften bör det rimligtvis ske med viss fördröjning. Sikten bör inledningsvis bli som mest nedsatt nära branden för att sedan successivt försämrats längre och längre bort. Att sätta en exakt gräns för hur stor del av restaurangen som ska ha nedsatt sikt för att det ska kallas kritiskt är inte helt enkelt. Även om enbart hälften av Matsalen skulle ha utsatts för brandgaser och nedsatt sikt efter 2 minuter används den tiden som tid till kritiska förhållanden.

7.8 Förslag till åtgärder

Varje åtgärdsförslag presenteras, motiveras och verifieras i möjligaste mån i ett eget stycke under respektive rubrik. Förslagen är en lösning på problematiken med personsäkerhet och alternativa lösningar kan finnas.

7.8.1 Svängdörrar

De båda dörröppningarna mellan Kök och Matsal bör stängas. Det är den överlägset mest ekonomiska lösningen på problemet. Även om dörrarna inte är brandklassade skulle de kraftigt begränsa brandgasspridningen mellan utrymmena. Lämpligtvis är dörrarna så kallade svängdörrar för att hindra personalen så lite som möjligt i deras vardagliga arbete eftersom man då riskerar att de varaktigt ställs i öppet läge. Att simulera förloppet med stängda dörrar anses överflödigt då det hålls för självklart att spridningen kommer att begränsas så mycket att utrymning med god marginal kan ske om åtgärden genomförs.

7.8.2 Förändrade rutiner för fritering

Att, som i nuläget, använda kastruller med olja i på spisen anser vi vara olämpligt ur brandsäkerhetssynpunkt. Vegetabiliska matoljors självantändningstemperatur ligger runt 370°C (Zhuiykov 2006, s 16) vilket enligt eget experiment, utfört 2007-11-30, utan problem kan uppnås på en vanlig spis. Istället bör man ha en uppvärmning som reglerar temperaturen och som automatiskt slår av värmekällan vid för hög temperaturer på oljan.

8 Brand i psykiatriska mottagningen

I Kapitel 5 finns en kvalitativ genomgång av händelseförloppet. Här översätts det till kvantitativa värden och med hjälp av dessa sker beräkningar och simuleringar.

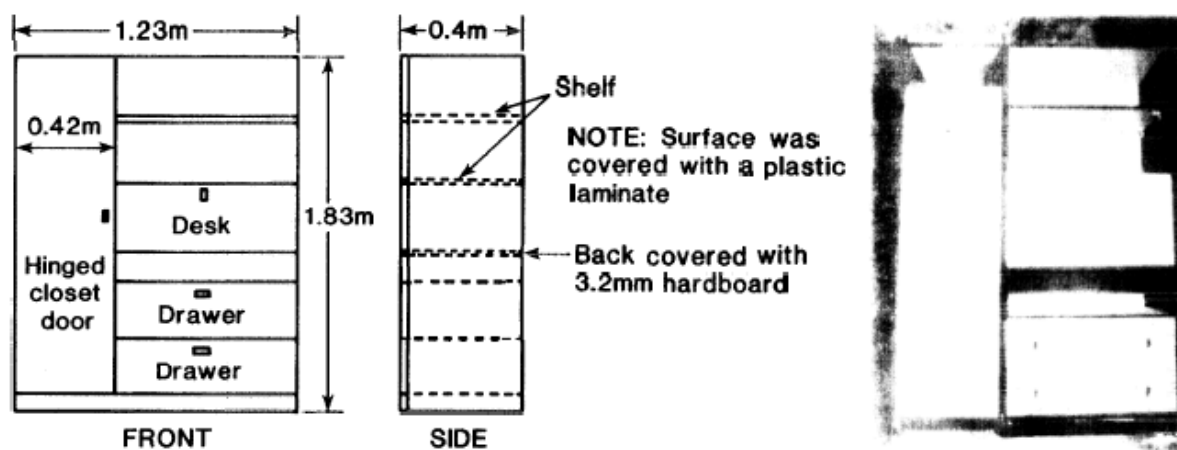
8.1 Dimensionerande brand

Initialt utgörs bränslet till största del av väggmonterade skåp. Köket och personalmatsalen är avgränsade av en vägg med en större öppning. Spisen där branden antas starta är skyddad av denna vägg och placerad till höger i Figur 8.1.



Figur 8.1 Personalmatsal och kök i den psykiatriska mottagningen.

Den i laboratorium dokumenterade brand som bäst beskriver förloppet i köket är en antänd möbelsektion bestående av i huvudsak ytbehandlade spånskivor, se Figur 8.2. Försöket benämns Test 61 och utfördes av National Bureau of Standards i USA 1983 som publicerade grafer med bland annat förbränningsvärmets och massavbrinning som funktion av tiden. Den informationen har National Fire Protection Association i sin tur använt i SFPE handboken där de tabellerar α -värden. Test 61 har en snabb tillväxt med ett α på $0,0469 \text{ kW/s}^2$ (SFPE 2002, 4-13).



Figur 8.2 Ritning och foto över spånskivegarderoben i test 61 (Lawson et al. 1984, s 112).

Mängden skåp i köksinredningen anses vara så pass stor att bränsletillgången inte begränsar branden, det kommer istället vara tillgången på syre som avgör hur stor effektutvecklingen blir. Se Bilaga A. Med Ekvation 4.1, det förenklade uttrycket för effektutveckling, påvisas att syretillförseln tillåter en obehindrad exponentiell tillväxt inom den intressanta tidrymden. Med hänsyn till ventilationsöppningar blir den teoretiska maximala effekten 7,2 MW, se Bilaga I.

8.2 Brandsimulering

CFAST väljs som simuleringsprogram. Programmet är begränsat till tvåzonsmodellen. Hänsyn därtill tas och redovisas vid värdering av resultat.

8.2.1 Ingångsvärden

Alla aktuella rum har formen av rätblock förutom Atriet som har ett från två sidor lutande glastak. Då CFAST enbart kan hantera ortogonala rumsgeometrier används ett sådant Atrium med motsvarande volym, se Bilaga B.3. Där återfinns även rökdetektorers placering. En kontroll genomförs av giltigheten hos rummen med hänsyn till längd, höjd, bredd och brandeffekt, se Tabell 8.1.

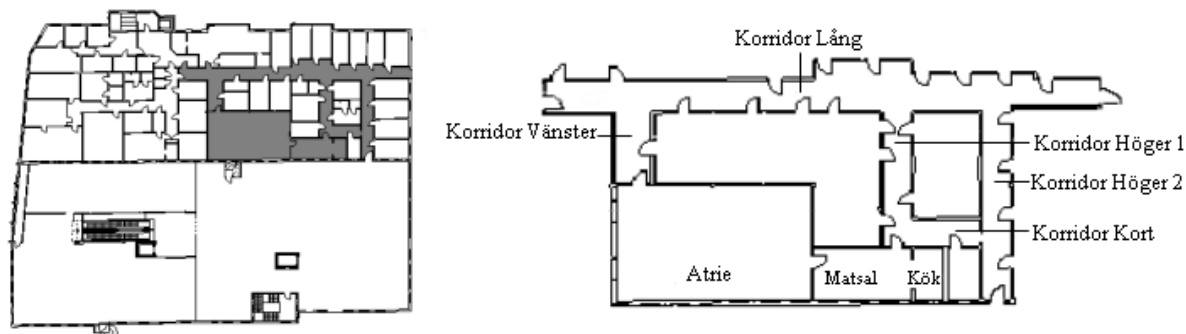
Tabell 8.1 Genomgång av de aktuella rummens giltighet hos CFAST (ISO/WD 13390, 1995).

Utrymme	L/W<3	L/H<3	W/H>0,4	$Q>5 \cdot A \cdot H^{0,5}$ [kW]	Resultat	Åtgärd
Kök	1,5	1,2	0,8	47.4	Ok	-
Matsal	2,0	2,4	1,2	-	Ok	-
Atriet	1,6	1,9	1,1	-	Ok	-
Korridor Vänster	2,0	1,3	0,6	-	Ok	-
Korridor Lång	13,3	13,3	1,0	-	Nej	Korridorflöde
Korridor Höger 1	4,7	3,4	0,7	-	Nej	Korridorflöde
Korridor Höger 2	6,4	4,6	0,7	-	Nej	Korridorflöde
Korridor Kort	2,2	1,6	0,7	-	Ok	-

Alla väggar antas innehålla gips. Atriets tak är av glas och övriga antas innehålla gips. Den dimensionerande branden placeras i köket, se Figur 8.3. Kontaktytorna mellan korridorerna är helt öppna. Köket, Matsalen och Atriet är i öppen förbindelse. Dörren som förbinder Matsalen och Korridor Höger 1 är stängd under hela simuleringen. Dörren mellan Korridor Vänster och

Atriet öppnas efter 5 minuter. Den utrymningsväg vars resultat visar tid till kritiska förhållanden blir Korridor Lång, blockeras någon del av den snabbt får det inverkan på utrymningsmöjligheterna. Simuleringen avbryts när 10 minuter förlöpt då kritiska förhållanden förväntas inträffa innan dess.

Ventilationen antas omedelbart stängas av. Det är inte det mest troliga men då det är ovisst var detektorn sitter i ventilationssystemet används det mest konservativa antagandet. Atriet förses med en oönskad läckageyta på $1,8 \text{ cm}^2$ per m^2 mantelarea (Jensen 2007, s 2).



Figur 8.3 Sektionen av mottagningen som ingår i simuleringen och dess placering på Plan 2.

8.2.2 Tid till kritiska förhållanden

Den utgångsparameter som visar om tvåzonsmodellen är applicerbar i Korridor Lång är temperaturen. För att en skiktning skall förekomma krävs en densitetsdifferens mellan brandgaserna och omgivningen.

Tabell 8.2 Tid till kritiska förhållanden och skiktningsskriterie vid simulering.

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1 · h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	0,5 min	1 min

CFAST påvisar en maximal temperatur på 90°C i Korridor Lång vilket över tiden med marginal ger stigningskraft. Skiktning förväntas ske först 1 minut efter att dörren öppnats, dock gäller det korridoren i sin helhet. Temperaturen är högre där brandgaserna först kommer in. Tid till kritiska förhållanden nås cirka 30 sekunder efter det att dörren öppnats. I Bilaga D finns illustrerat hur brandgaslagrets höjd varierar med tiden. Nödvändig kontroll av resultatet görs med handberäkningar.

8.3 Handberäkningar

Följande resonemang ligger till grund för beräkningarna. Såvida det stängda utrymmet som utgör Kök, Matsal och Atrium är rökfyllt då dörren öppnas, antas att allt ytterligare brandflöde in i Atriet momentant passerar dörröppningen till korridoren.

För att först kontrollera vilka siktförhållanden som råder i Kök, Matsal och Atrium precis innan dörren öppnas sätts följande värden in i Ekvation 4.6:

$$t_1 = 0 \text{ s}$$

$$\Delta H_C = 20\,000 \text{ kJ/kg (SFPE 2002, A.42)}$$

$$\chi = 0,7 \text{ (Karlsson et al. 2000, s 31)}$$

$$t_2 = 300 \text{ s}$$

$$\alpha = 0,0469 \text{ kW/s}^2 \text{ (Kapitel 8.1)}$$

Resultatet blir att under de första 5 minuterna har 30 kg förbränts. Kombineras nu Ekvation 4.2 och 4.4 med nedan angivna indata ges ett värde på sikten i meter i de tre rummen.

$$D_0 = 0,085 \text{ m}^2/\text{g} \text{ (Nilsson et al. 2007, s 58)}$$

$$m = 30000 \text{ g}$$

$$V = 550 \text{ m}^3 \text{ (De tre rummens summavolym)}$$

Sikten är då 0,5 meter, det vill säga kraftigt nedsatt. CFAST påvisar att brandgaslagrets höjd i Atriet är nära noll efter 300 sekunder. Med den kontrollen är det nu relevant att se vad som händer i korridoren när dörren öppnas. Den massa som krävs för att ge en sikt på mindre än 5 meter fås ur Ekvation 4.2 och 4.4 med ingångsvärdena nedan:

$$D_0 = 0,085 \text{ m}^2/\text{g} \text{ (Nilsson et al. 2007, s 58)}$$

$$s = 5 \text{ m (Kapitel 4.1.1)}$$

$$V = 350 \text{ m}^3 \text{ (Korridorernas summavolym)}$$

Ekvationerna ger att det åtgår 2 kg bränsle för att skapa kritiska förhållanden. Nu återstår endast att räkna ut hur lång tid det tar för branden att förbränna 2 kg under förutsättningen att den fått brinna i 5 minuter och detta görs med hjälp av Ekvation 4.6 och följande invärden:

$$t_1 = 300 \text{ s}$$

$$\Delta H_C = 20\,000 \text{ kJ/kg (SFPE 2002, A.42)}$$

$$\chi = 0,7 \text{ (Karlsson et al. 2000, s 31)}$$

$$\alpha = 0,0469 \text{ kW/s}^2 \text{ (Kapitel 8.1)}$$

$$m = 2 \text{ kg}$$

Massan brinner upp på 6 sekunder.

8.3.1 Tid till kritiska förhållanden

Resultatet av beräkningarna ovan blir att det tar cirka 6 sekunder till dess att branden producerat tillräckligt med rök för att kunna skapa kritiska förhållanden i korridoren. I Bilaga D finns illustrerat hur sikten varierar med tiden. Den del av Korridor Lång som ligger närmast spridningspunkten antas nå kritiska förhållanden kort därefter.

8.4 Utrymning av Psykiatriska mottagningen

På grund av den korta tiden till kritiska förhållanden görs ingen simulering av förflyttningstiden för de utrymmande personerna i mottagningen. Motiveringen är att enbart besluts- och reaktionstiden i sig antas vara längre än tiden till kritiska förhållanden. Försök genomförda i kontorslokaler i Kanada visar att även om personalen är väl tränad i utrymning tar det för en stor andel av dem mer än 1 minut innan de påbörjar utrymning (Frantzich 2001, s 23-26). I ett annat simuleringsprogram för utrymning, liknande Simulex som heter OCRM, anges förslag på reaktionstider. Där rekommenderas 40 sekunder som den allra snabbaste tiden till påbörjad utrymning (Raboud et al. 2002, s 6).

8.5 Känslighetsanalys

De parametrar som i viss grad är okända och därmed eventuell källa till osäkerhet är brandens tillväxthastighet, väggarnas material, rökpotentialen D_0 och tiden till dörren öppnas.

8.5.1 CFAST

Tiden då dörren öppnas är en avgörande parameter. För att ge en indikation varierar öppningsögonblicket med en längre och en kortare tid. Öppnas dörren efter 7,5 minuter infaller kritiska förhållanden efter mindre än 0,5 minut. Står dörren konstant öppen kan CFAST inte ge tiden till kritiska förhållanden eftersom det är omblandade förhållanden då detektion sker. Detta på grund av att brandgaserna som transporteras direkt ut i korridoren har ett lägre energiinnehåll än om dörren är stängd och de kan ansamlas i atriet. Därför handberäknas tiden till kritiska förhållanden.

Denna fås med hjälp av ekvationerna 4.2, 4.4 och 4.6, där endast volymen och starttiden ändras enligt beräkningsgången i nedre delen av Kapitel 8.3.

$$V = 410 \text{ m}^3 \text{ (Korridorernas, Kökets och Matsalens summavolym)} \quad t_1 = 0 \text{ s}$$

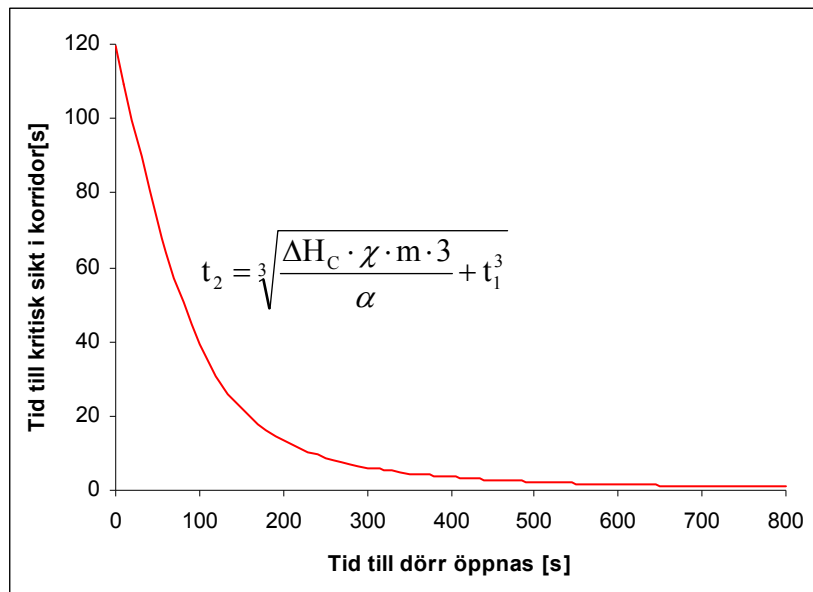
Massan som krävs för att skapa kritiska förhållanden brinner upp på cirka 2 minuter. Detektion i CFAST har då ännu inte skett. Rimligheten i detta resultat ifrågasätts då en detektion borde ske innan dess.

Huruvida brandens tillväxthastighet påverkar utgången testas genom att α byts från snabb till medium. Denna förändring leder till att branden utvecklar en lägre effekt och därmed tillförs brandgaserna mindre energi under samma tidsperiod. Resultatet blir en lägre temperatur hos brandgaserna i Korridor Lång. CFAST når en maximal temperatur på 37°C vilket är otillräckligt för skiktning och vidare resonemang måste bedrivas med handberäkningar, se 8.5.2.

Innerväggarna antas i simuleringen vara homogena av gips. Av alla rimliga väggmaterial fås därmed det högsta värmeledningstalet och därmed den största energiförlusten till omgivningen. Läger man i studiesyfte till isolering av standardtjocklek på innerväggarna blir värmeövergångstalet mindre och energin konserveras i brandgaserna. Effekten därav med snabbt α -värde blir enligt CFAST märkbar, redan då dörren öppnas lämnar brandgaserna brandrummen skiktat och temperaturen fortsätter stiga, se Bilaga C.3.

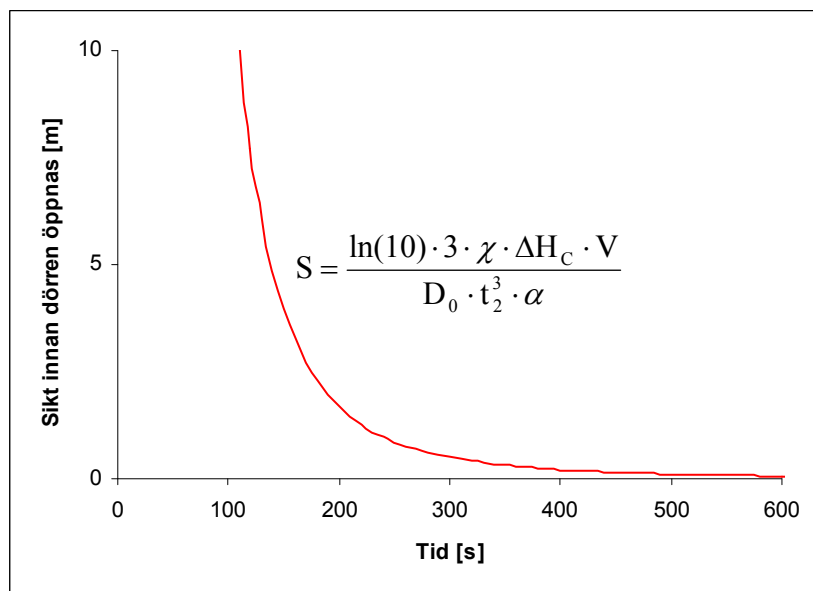
8.5.2 Handberäkningar

Den tid som branden har på sig att tillväxa innan någon öppnar dörren är en avgörande parameter. Gör man en graf av Ekvation 4.6 och använder fixa värden givna i Kapitel 8.3 på alla parametrar förutom tiden till dörren öppnas ser den ut som Figur 8.4. Det som kan konstateras i figuren är att alla tider större än cirka 1 minut ger en rökfylld snabbare än 1 minut.



Figur 8.4 Figuren visar tid till kritiska förhållanden i korridoren som funktion av tiden till dörren öppnas.

En förutsättning för att korridoren ska börja rökfyllas i samma ögonblick som dörren öppnas är att utrymmena på den brandutsatta sidan av dörren redan är rökfyllda, för vidare resonemang om detta, se Kapitel 8.7. Görs en graf över sikten som funktion av tiden ges Figur 8.5 som visar att det efter 2,5 minuter är 5 meters sikt i Kök, Matsal och Atrium. Funktionen fås genom att kombinera Ekvation 4.2, 4.4 och 4.6 med värden givna i Kapitel 8.3.



Figur 8.5 Visar sikten i de tre rummen som rökfylls som funktion av tiden.

Egentligen finns inget som talar varken för eller emot att dörren skulle öppnas vid en viss tidpunkt men alla tider längre än 2,5 minuter ger för dålig sikt för att utrymning ska kunna ske.

Valet av parametern D_0 är gjort omvänt konservativt, det vill säga värdet är lägre än det verkliga. Ett normalt kök innehåller utöver träinredningen även plast och textilier vilka hade ökat produktionen av sot och resultatet hade blivit ännu kortare tid till rökfylld. Med anledning av detta kommer inte parametern D_0 att känslighetsprövas. I effektutvecklingen finns en viss osäkerhet och detta förväntas förändra utfallet i simuleringarna. Ändras α -värdet till $0,012 \text{ kW/s}^2$ som motsvarar en medium tillväxthastighet, blir tiden istället runt 0,5 minut vilket även det är för kort tid för att utrymning ska kunna ske.

8.6 Resultat

Korridorer och många rum är inte till CFASTs fördel. Det resultat som programmet presenterar kan därmed inte oavkortat accepteras. Vid analys beslutas att inte enbart använda dess utgångsvärden som mått på tid till kritiska förhållanden, som komplement används handberäkningar.

Personsäkerheten i psykiatriska mottagningen är ej tillfredställande i dagsläget då personerna ej hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Beräkningar och simuleringar visar samstämmigt att utrymning omöjliggörs redan i storleksordningen 0,5 minut vilket understiger den tid det tar för personerna att lämna lokalerna.

8.7 Diskussion

CFAST tar inte hänsyn till transportsträckor utan fyller en yta momentant med rök och låter den sedan propagera nedåt. Detta antagande skiljer sig från verkligheten i större grad ju längre sträckor som ingår i simuleringen. Att brandgaserna tappar energi till omgivande ytor under transporten och därmed kan förlora sin skiktning framgår inte heller helt i resultatet. Vid branden i köket når flammorna förmodligen taket och en plym saknas. CFASTs beräkningsmodell är inte optimal för en sådan situation. Allt detta ger en osäkerhet och programmets resultat kan inte ensamt ligga till grund för beslut om åtgärder.

Bakom handberäkningarna på sikt ligger ett par antaganden som är värda att lyfta fram till diskussion. Vi antar att brandgaserna transporteras från branden till korridoren utan fördröjning efter att dörren öppnats, detta anses vara ett realistiskt antagande eftersom branden redan rökfyllt alla utrymmen innanför dörren. Brandgaserna som sprids ut i korridoren står alltså i direkt förbindelse med brandgaserna i det brandutsatta köket varför man inte kan förvänta sig någon längre transporttid. Att brandgaserna momentant skulle bli helt omblandade i korridorernas sammanlagda volym är ett antagande som inte stämmer överens med vad som skulle ske i verkligheten. Det är mer troligt att sikten till en början blir dålig nära dörren som öppnas för att sedan successivt bli sämre längre bort. Vid en riktig brand hade det alltså tagit mindre än 0,5 minut till kritiska förhållanden nära dörren och längre tid långt ifrån dörren. Dock används tiden 0,5 minut eftersom det då faktiskt är kritisk nivå på sikten i delar av korridoren som är den viktigaste utrymningsvägen, även om det inte är så i hela korridoren.

Ingen hänsyn tas till ventilationen när vi handberäknar på förhållandena i korridoren. Detta skulle göra att tiden blev något längre och en snabb överslagsräkning visar att det skulle ha en marginell inverkan, utgår vi ifrån att det tar 20 sekunder att rökfylla har det under den tiden ventilerats ut $0,3 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 20 \text{ s} = 6 \text{ m}^3$. Vi skulle alltså addera 6 m^3 till 350 m^3 och räkna ut en ny massa som ger en ny tid men skillnaden förväntas bli ytterst liten.

Branden antas inte bli ventilationskontrollerad under någon del av förloppet. Oberoende av hur sant detta antagande är kan det anses vara omvänt konservativt. Hade ventilationskontroll uppstått hade rökproduktionen accelererat och sikten blivit ännu sämre (Nilsson et al. 2007, s 58).

8.8 Förslag till åtgärder

Varje åtgärdsförslag presenteras, motiveras och verifieras i möjligaste mån i ett eget stycke under respektive rubrik. Förslagen är en lösning på problematiken med personsäkerhet och alternativa lösningar kan finnas.

8.8.1 Detektorer

Maximalvärmedetektor bör monteras i köket, optisk linjerökdetektor i atrier och optiska ljusspridningsdetektorer i samtliga kontor. Detta skall hindra en brand från att tillväxa i avskildhet och skulle dörren vara öppen till brandutrymnet ges en tidig detektion. Värmedetektorer aktiverar i ett senare skede än rökdetektorer och valet motiveras med en större marginal mot falsklarm.

En värmedetektor placeras i kökets tak när branden simuleras i CFAST. Aktiveringstemperaturen ska ligga i intervallet 20 till 35°C över normalrumstemperatur (Nilsson et al. 2007, s 23). Med en antagen rumstemperatur på 20°C blir invärdet på aktiveringstemperaturen 50°C. Dörren mellan atriet och matsalen hålls stängd medan dörren mellan matsalen och övriga utrymmen är öppen. Detta leder till det mest konservativa scenariot. I övrigt behålls inställningarna från kapitel 8.2.1. Resultatet är nedslående, värmedetektorn aktiverar efter cirka 110 sekunder medan kritiska förhållanden i Korridor Lång nås vid 120 sekunder. Kontroll i Detact-T2, ett program för tid till detektion som använder Alperts korrelation för takstrålar, ger en detektion vid 80 sekunder. Ytterligare åtgärder krävs.

8.8.2 Dörrstängare

Stängare bör installeras på samtliga dörrar som gränsar till korridorer. Detta i kombination med detektorer bör ge personerna som uppehåller sig i lokalen möjlighet att agera och ta sig till säkerhet i tid. Åtgärden är okonventionell då hela avdelningen utgör en brandcell men väger man in den ekonomiska faktorn är detta det mest kostnadseffektiva alternativet. Utrymning från en psykiatrisk mottagning anses behöva ske under lugnare former, därmed krävs en längre utrymningstid. Sålunda motiveras dörrstängare på kontoren tillika behandlingsrummen. Inverkan på verksamheten blir begränsad då dörrarna oftare är stängda på mottagningen jämfört med ett vanligt kontor.

Stängs dörrarna begränsas rökspridningen markant. Att få relevanta siffror på förloppet är svårt då det beror på dörrens eldbeständighet och täthet. Då de aktuella dörrarna inte har klassningskrav kan resultatet variera stort men faktum kvarstår, stängs dörrarna begränsas rökspridningen markant.

9 Övriga förslag till åtgärder

Vid objektsbesöket observerades ett antal brister i brandskyddet i de delar som inte har studerats närmare i något av scenarierna. Dessa brister med förslag till åtgärder redovisas nedan.

- Nödutgången som går genom undercentralen är dåligt utmärkt vilket avsevärt försvårar orienteringen, se Figur 9.1. Därför skall utrymningsvägen förtydligas, till exempel med vägledande tejpmarkering i golvet och bättre skyltning.



Figur 9.1 Nödutrymningsväg genom pumprummet.

- Mellan pumprummet och korridoren finns en genomföring ovan dörren, se Figur 9.2. Denna är inte tätad vilket medför att brandgaser kan sprida sig mellan de två brandcellerna. För att förhindra detta skall öppningarna tätas enligt brandteknisk klass.



Figur 9.2 Genomföring mellan brandceller i källaren.

- Utrymningsvägen som passerar de mindre lagren var belamrad med brännbart material vilket skall tas bort.

- Parkeringsgaraget saknar någon form av detektor och även släckutrustning vilket bör åtgärdas.
- Den vägledande tejpmarkeringen som finns i Systembolagets lager är till stor del bortnött och bör ersättas med ny, se Figur 9.3. Personalen skall även tillse att inga varor placeras över dessa markeringar och att bredden på utrymningsvägen inte understiger 1,2 meter (BBR 2006, s 81).
- Det brännbara material som är placerat på lastkajen utanför Systembolaget skall tas bort då det delvis blockerar en utrymningsväg. Det skulle även underlätta att en anlagd brand sprider sig till fasaden och vidare till övriga delar av byggnaden, se Figur 9.3.



Figur 9.3 Vägledande markering bortskavd på golvet i Systembolagets lager och lastkajen utanför Systembolaget belamrad med skräp.

- Varuställ är placerade framför nödutgången på Kembali, se Figur 9.4. Då nödutgångar skall hållas fria skall detta tas bort.



Figur 9.4 Blockerad nödutrymningsväg på Kembali.

10 Slutsats och utvärdering

I detta kapitel sammanfattas de slutsatser som rapportens scenarioanalyser resulterat i samt en utvärdering av arbetet som helhet.

10.1 Slutsats

Resultaten från simuleringarna tillsammans med handberäkningar visar vad konsekvenserna av en brand idag blir. På grund av att de som befinner sig i byggnaden utsätts för kritiska förhållanden skall åtgärder vidtas och följande föreslås för att säkerställa en trygg utrymning.

Om en brand uppstår vid entrén till KappAhl kommer trängsel skapas vid den enda kvarvarande utrymningsvägen. Detta gör att samtliga personer som befinner sig i butiken inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppnås. Därför bör en extra nödutrymningsdörr sättas in på KappAhl.

Vid en brand i Kwang Chows köksdelar kommer brandgaser att spridas till matsalen. För att begränsa brandgasspridningen bör dörrar sättas in i öppningarna. Dörrarna behöver inte vara av brandklassad typ utan kan vara någon form av svängdörr. Kwang Chow använder idag en vanlig spis vid fritering, denna bör ersättas med en värmekälla som förebygger överhettning.

På den psykiatriska mottagningen är endast korridorerna försedda med detektorer. Detta medför att en brand i ett stängt utrymme kan fortgå utan att någon upptäcker den och på så sätt ge stora konsekvenser. Detektorer bör installeras i kök, atrieb och samtliga kontor på den psykiatriska mottagningen. För att minska brandgasspridningen så bör även dörrstängare installeras på samtliga dörrar som angränsar till korridorer.

10.2 Utvärdering

Arbetet med rapporten har varit väldigt givande, särskilt att utifrån problembaserat lärande i grupp ta sig an de utmaningar objektet bjuder. Vi har med all tydlighet konstaterat att det inte finns ett rätt och ett fel, utan att brandingenjörens verklighet är mer mångfasetterad.

Vid objektsbesöket upplevdes butikscentret Juno vara säkert ur utrymningssynpunkt. Med facit i hand visar det sig att åtgärder måste införas innan så är fallet. Nödvändigheten av att genomföra arbeten som detta styrktes därmed.

Rapporten är framtagen i utbildningssyfte och under processen gång har ett flertal återvändsgränder påträffats. Följden därav är ökad kunskap men brist på tid. Störst konsekvens fick detta på galleriascenariot där mer tid hade behövts för att slutföra resonemangen rörande brandgasspridning till och på Plan 2.

11 Referenser

Abrahamsson, Marcus (1997), *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*.
Brandteknik. Lunds Tekniska Högskola.

BBR: Regelsamling för byggregler - Boverkets byggregler (2006). Boverket. AB Danagårds
Grafiska. Karlskrona.

Becker, Per (2000), *Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning*.
Forskningsrapport. Brandteknik. Lunds Tekniska Högskola.

Brandskyddsdocumentation Butikcenter Kv Juno, Norrtälje. Brandgruppen. 1998-02-14.

Brandskyddsdocumentation, granskningsutgåva Kv Juno, Norrtälje. Brandkonsulten Kjell
Fallqvist AB. 2000-03-06.

Brandskyddshandboken- en handbok för projektering av brandskydd i byggnad (2005),
Brandteknik. Lunds Tekniska Högskola. Wallin & Dalholm. Lund.

Frantzich, Håkan (2001), *Tid för utrymning vid brand*. Räddningstjänstavdelningen.
Räddningsverket.

Hansson, Kristian (2007), *Utvärdering av metoder för val av dimensionerande brandscenario*.
Examensarbete. Brandteknik. Lunds Tekniska Högskola.

<http://ida.srv.se/port/main/p/a0109>, hämtad 2007-09-26.

ISO/WD 13390 Subsystem 1: Initiations and development of fire and fire effluents (1995).
International Organization for Standardization. Berlin.

Jensen, Lars (2007), *Byggnaden i system med branden och ventilationssystemet*. Lunds
Tekniska Högskola.

Jones, WW et al (2005), *CFAST- Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport
(Version 6) Technical Reference Guide*. Fire Research Division. Building and Fire Research
Laboratory. National Fire Protection Association.

Karlsson, B & Quintiere, J (2000), *Enclosure fire dynamics*. CRC Press. Boca Raton.

Lag (2003:778) om skydd mot olyckor, Svensk författnings samling (SFS).

Lawson, J.R. et al. (1984), *Fire Performance of Furnishings as Measured in the NBS
Furniture Calorimeter. Part 1*. NBSIR 83-2787. BFRL Publications.

Nilsson, D & Holmstedt, G (2007), *Kompendium i Aktiva System – Detektion*. Brandteknik.
Lunds Tekniska Högskola.

OVK: Funktionskontroll av ventilationssystem, Besiktningsutlåtande. Skorstensfejarmästare Bernhard Schritter AB. 2006-04-26.

Raboud, DW et al (2002), *FIERAsystem Occupant Response Evacuation (OEVM) Models Theory Report.* Fire Risk Management Program. Institute for Research in Construction. National Research Council Canada.

SFPE: The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd edition (2002). National Fire Protection Association. Quincy.

Utrymningsdimensionering (2006). Boverket. NRS Tryckeri. Karlskrona.

Zhuyikov Serge "Investigation of the main parameters for the detection of cooking oil fires". *Journal of Applied Fire Science.* Vol 13(1) 9-20. 2004-2005. Sidan 9.

Muntlig källa

Gojkovic Daniel. Universitetsadjunkt. Lunds Tekniska Högskola. 2007-09-19.

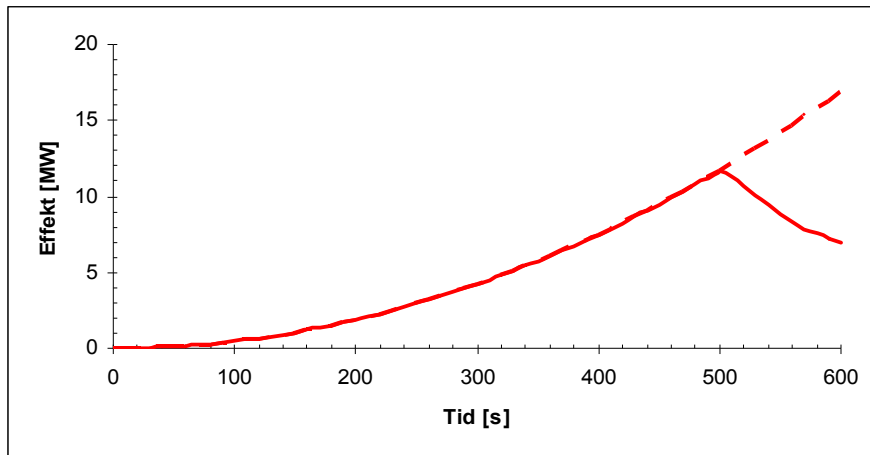
Holmström Nils. Fastighetsskötare. Centrumfastigheter i Norrtälje. 2007-09-14.

Bilder

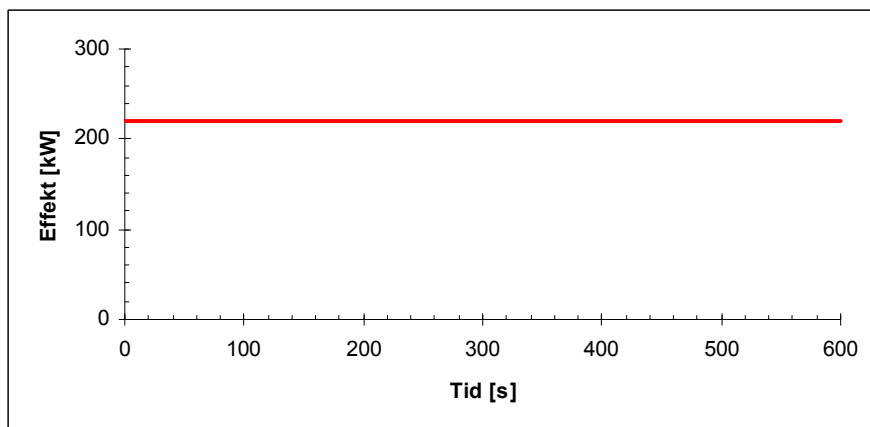
Lundkvist, Ingvar.

<http://www.norrtaljesportcentrum.se/index.php?go=norrtalje.php>, hämtad 2007-09-20.

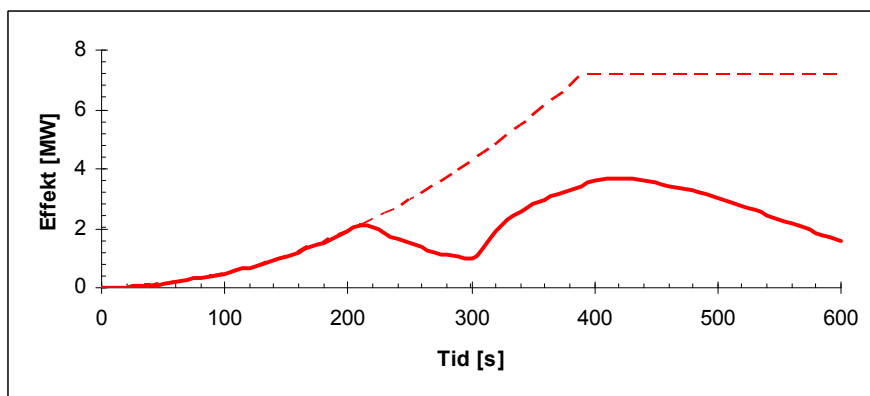
Bilaga A Grafer över effektutvecklingar



Figur A.1 Effektutvecklingen i KappAhl. Den streckade linjen visar den kurva som användes som indata i CFAST och den heldragna är den kurva som CFAST genererade. Utseendet förklaras av syrebrist.



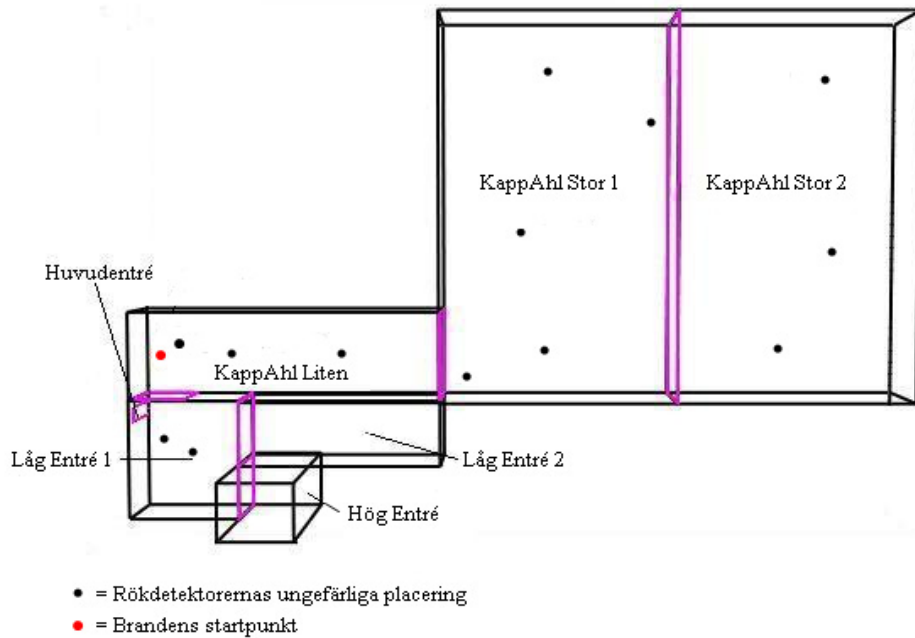
Figur A.2 Effektutvecklingen i Kwang Chow. Dimensionerande effektkurva och den som CFAST genererar sammanfaller.



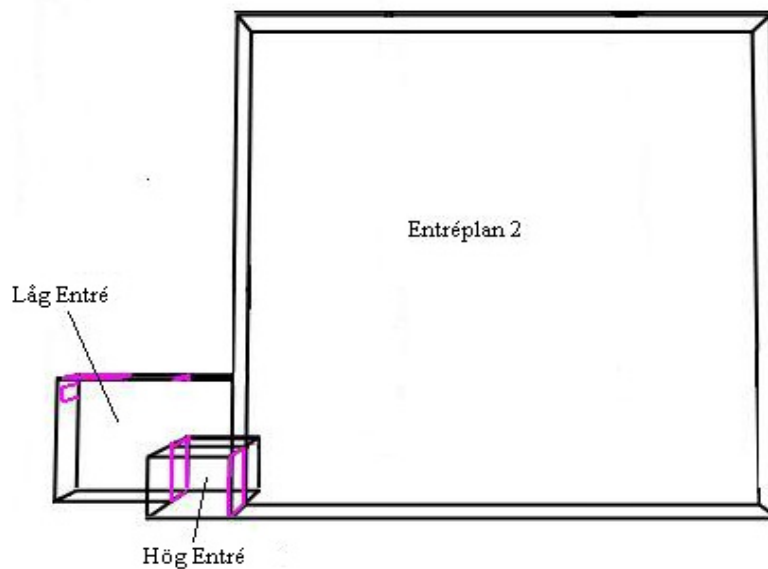
Figur A.3 Effektutvecklingen i Psykiatriska mottagningen. Den streckade linjen visar den kurva som användes som indata i CFAST och den heldragna är den kurva som CFAST genererade. Utseendet förklaras av syrebrist.

Bilaga B.1 Indata CFAST KappAhl

```
VERSN,6,CFAST Simulation
!!
!!Environmental Keywords
!!
TIMES,1200,-50,0,10,10
EAMB,293,101300,0
TAMB,293,101300,0,50
CJET,WALLS
CHEMI,10,393
WIND,0,10,0
!!
!!Compartment keywords
!!
COMPA,Låg entré,6,6.7,3.03,0,0,0,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
COMPA,Låg entré 2,11,3.6,3.03,6,3,0,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
COMPA,Hög entré,3.9,3.1,7.2,6,0,0,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
COMPA,KappAhl Liten,17,5,3,0,6.7,0,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
COMPA,KappAhl Stor,12.8,21.6,3.9,17,6.7,0,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
COMPA,Entré plan2,26,26,3.3,10,0,3.9,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
COMPA,KappAhl stor 2,12.8,21.6,3.9,29.8,6.7,0,GYPSUM,CONCRETE,GYPSUM
!!
!!vent keywords
!!
HVENT,8,1,1,0.8,2.35,0,1,5.4,5.2,4,1
HVENT,1,2,1,3.6,3.03,0,1,3,0,2,1
HVENT,1,4,1,2.9,2.35,0,1,0,0,3,1
HVENT,4,5,1,5,3,0,1,0,0,2,1
HVENT,3,6,1,3.1,7.2,3.9,1,0,0,2,1
HVENT,1,3,1,6.7,3.03,0,1,0,0,2,1
HVENT,5,7,1,21.6,3.9,0,1,0,0,2,1
MVENT,8,4,1,V,1.5,0.0628,V,1.5,0.0628,0.29,200,300,1
MVENT,4,8,2,V,1.5,0.0624,V,1.5,0.0624,0.624,200,300,1
MVENT,8,5,1,V,1.5,0.88,V,1.5,0.88,0.99,200,300,1
MVENT,5,8,2,V,1.5,0.478,V,1.5,0.478,0.965,200,300,1
!!
!!fire keywords
!!
OBJECT,Kläder,4,1,2,0,1,1,0,0,0,1
!!
!!target and detector keywords
!!
DETECT,1,1,347,3,3,3,100,0,7E-05
DETECT,1,4,347,6,2,2,100,0,7E-05
DETECT,1,4,347,12,2,2,100,0,7E-05
DETECT,1,1,347,0,5,3,100,0,7E-05
DETECT,1,6,347,2,2,3,100,0,7E-05
DETECT,1,6,347,0,1,3,100,0,7E-05
DETECT,1,6,347,0,1,3,100,0,7E-05
DETECT,1,5,347.04,8,2,3.87,100,0,7E-05
DETECT,1,5,347.04,8,8,3.87,100,0,7E-05
DETECT,1,5,347.04,10,18.6,3.87,100,0,7E-05
DETECT,1,7,347.04,4,2,3.87,100,0,7E-05
DETECT,1,7,347.04,10,5,3.87,100,0,7E-05
DETECT,1,7,347.04,4,11,3.87,100,0,7E-05
DETECT,1,7,347.04,10,12,3.87,100,0,7E-05
```



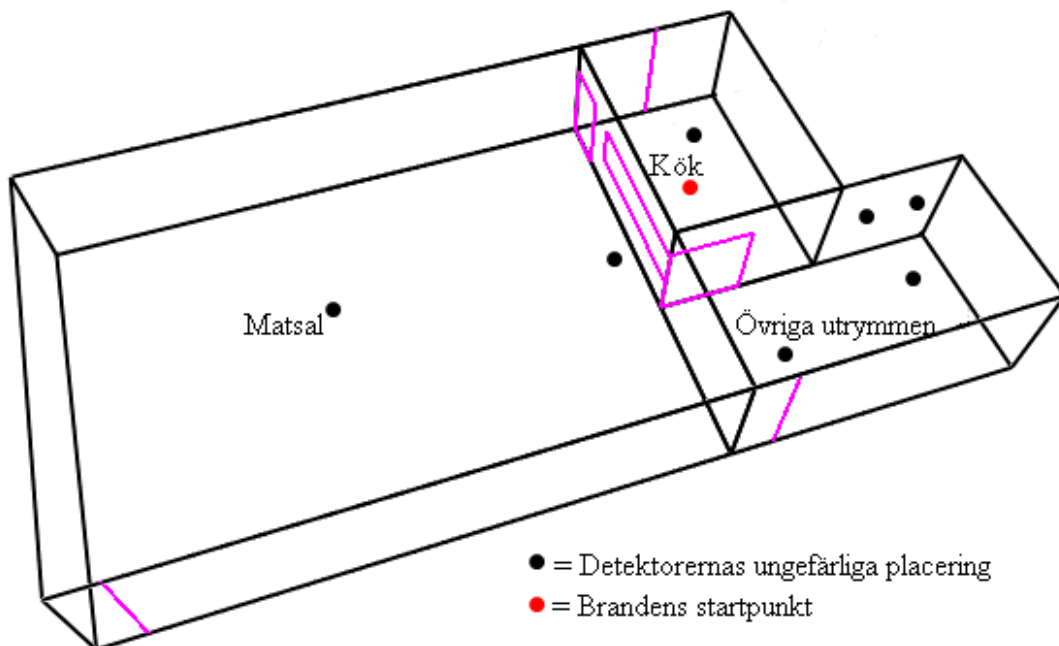
Figur B.1.1 CFASTs rumsgeometri för simulering av KappAhl, utan Plan 2. Då origo är placerat i det nedre vänstra hörnet i Låg Entré 1 är KappAhl Stor 1 och 2 spegelvända. Även detektorernas placering är spegelvänd.



Figur B.1.2 CFASTs rumsgeometri för simulering av KappAhl, Plan 2. Då origo är placerat i det nedre vänstra hörnet i Låg Entré 1 är Entréplan 2 spegelvänt.

Bilaga B.2 Indata CFAST Kwang Chow

```
VERSN, 6, KwangChow
!!
!!Environmental Keywords
!!
TIMES, 600, -50, 0, 10, 10
EAMB, 293.15, 101300, 0
TAMB, 293.15, 101300, 0, 50
CJET, WALLS
CHEMI, 10, 393.15
WIND, 0, 10, 0.16
!!
!!Compartment keywords
!!
COMPA, Matsal, 13.5, 10, 2.95, 0, 0, 0, GYP1/2, OFF, GYP1/2
COMPA, Disk mm, 7, 4, 2.95, 13.5, 0, 0, GYP1/2, OFF, GYP1/2
COMPA, K□, 4, 6, 2.95, 13.5, 4, 0, GYP1/2, OFF, GYP1/2
!!
!!vent keywords
!!
HVENT, 3, 1, 1, 1.2, 2.1, 0, 1, 8.8, 0, 2, 1
HVENT, 3, 2, 1, 2, 2.1, 0, 1, 0, 0, 3, 1
HVENT, 1, 4, 1, 0.02, 2.95, 0, 1, 1, 1, 1, 1
HVENT, 3, 4, 1, 0.005, 2.95, 0, 1, 2, 1, 3, 1
HVENT, 2, 4, 1, 0.005, 2.95, 0, 1, 1, 1, 1, 1
HVENT, 3, 1, 2, 4, 2, 1, 1, 4, 0, 2, 1
MVENT, 3, 4, 1, H, 0, 0.5, H, 0, 0.5, 1.1, 200, 300, 1
MVENT, 4, 1, 1, H, 0, 0.5, H, 0, 0.5, 1.1, 200, 300, 1
!!
!!fire keywords
!!
OBJECT, bunsen, 3, 2, 3, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1
```

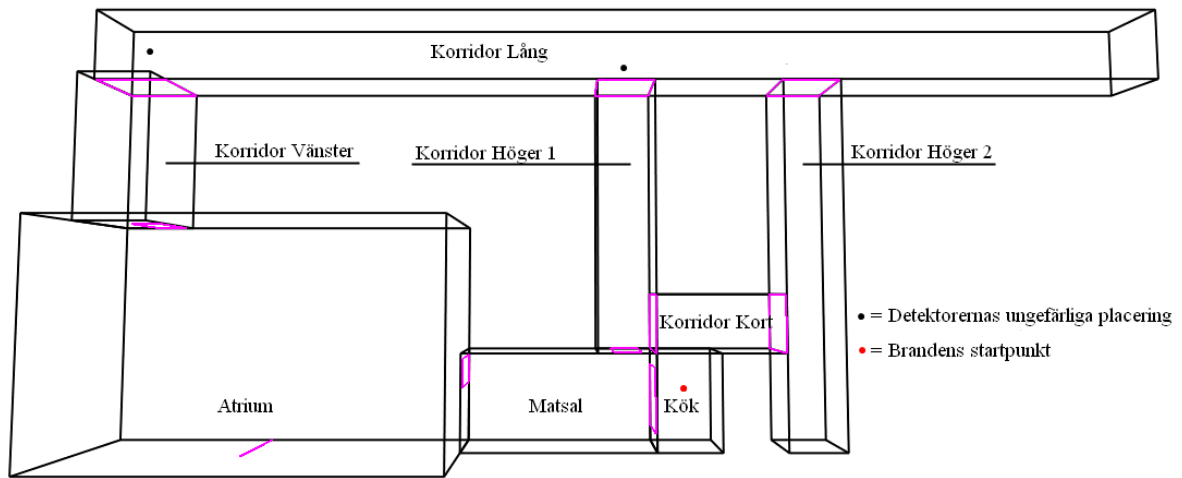


- = Detektorernas ungefärliga placering
- = Brandens startpunkt

Figur B.2.1 CFASTs rumsgeometri för simulering av Kwang Chow.

Bilaga B.3 Indata CFAST Psykiatriska mottagningen

```
VERSN,6,Jun0 plan 2
!!
!!Environmental Keywords
!!
TIMES,600,-50,0,20,10
EAMB,293.15,101300,0
TAMB,293.15,101300,0,50
CJET,WALLS
CHEMI,10,393.15
WIND,0,10,0.16
!!
!!Compartment keywords
!!
COMPA,Atriet,11.5,7,6.1,0,0,0,GLASS,OFF,GYPSUM
COMPA,Matsalen,6,3,2.5,11.5,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Köket,2,3,2.5,17.5,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,korridor väster,2.2,4.5,3.5,0,7,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Korridor h1,1.8,8.5,2.5,15.7,3,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Korridor l1g,33.2,2.2,2.5,0,11.5,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Korridor kort,4,1.8,2.5,17.5,3,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
COMPA,Korridor h2,1.8,11.5,2.5,21.5,0,0,GYPSUM,OFF,GYPSUM
HALL,5,-1,-1,-1
HALL,6,-1,-1,-1
HALL,8,-1,-1,-1
!!
!!vent keywords
!!
HVENT,1,2,1,0.9,2.02,0,1,1.9,0,2,1
HVENT,1,9,1,0.03,3,0,1,5,0,1,1
HVENT,4,6,1,2.2,2.4,0,1,0,0,3,1
HVENT,2,5,1,0.9,2.02,0,1,4.7,0,3,0
HVENT,5,6,1,1.8,2.4,0,1,0,0,3,1
HVENT,5,7,1,1.8,2.4,0,1,0,0,2,1
HVENT,7,8,1,1.8,2.4,0,1,0,0,2,1
HVENT,8,6,1,1.8,2.4,0,1,21.5,0,1,1
HVENT,2,3,1,2,2.02,0,1,0.5,0,2,1
HVENT,1,4,1,0.9,2.02,0,1,1.1,0,3,0
EVENT,H,1,4,1,300,1,1
!!
!!fire keywords
!!
OBJECT,Köksbrand2,3,1,1.5,0,1,1,0,0,0,1
!!
!!misc. stuff
!!
STPMAX,2
```



Figur B.3.1 CFASTs rumsgeometri för simulering av Psykiatriska mottagningen.

Bilaga C.1 Känslighetsanalys CFAST KappAhl

Vid vald simulering

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
KappAhl Liten	9 min	4,5 min	4 min	1 min
KappAhl Stor1	-	-	4 min	2 min
KappAhl Stor2	-	-	3,5 min	3 min

Med isolerade väggar och tak

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
KappAhl Liten	7 min	3,5 min	4 min	1 min
KappAhl Stor1	-	9,5 min	4 min	2 min
KappAhl Stor2	-	10 min	3,5 min	2,5 min

Stängd huvudentré

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
KappAhl Liten	-	5 min	4 min	1 min
KappAhl Stor1	-	-	4 min	2 min
KappAhl Stor2	-	-	3,5 min	3 min

Med ventilation

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
KappAhl Liten	9 min	5 min	4 min	1 min
KappAhl Stor1	-	-	4 min	2 min
KappAhl Stor2	-	-	3,5 min	3 min

Effektutveckling UF 15 MW

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
KappAhl Liten	4,5 min	2,5 min	2 min	0,5 min
KappAhl Stor1	-	-	3 min	1,5 min
KappAhl Stor2	-	-	2,5 min	1,5 min

Bilaga C.2 Känslighetsanalys CFAST Kwang Chow

Vald simulering

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Matsal	-	-	1,5 min	1 min

Glasväggar

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Matsal	-	-	1,5 min	1 min

Isolering

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Matsal	-	-	1,5 min	1 min

Ventilation

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0,1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Matsal	-	-	1,5	1 min

Bilaga C.3 Känslighetsanalys CFAST psykiatriska mottagningen

Vid vald simulering

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	0,5 min	1 min

Dörren öppnas 150 sek

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	1 min	1 min

Dörren öppnas 450 sek

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	0,5 min	0,5 min

Tillväxt medium

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	0,5 min	-

Isolering

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	0,5 min	0 min

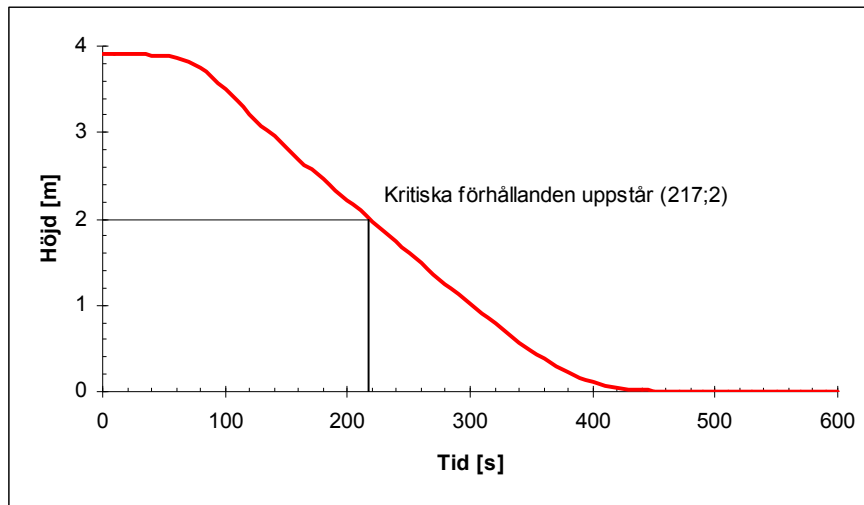
Ventilerat

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	0,5 min	0,5 min

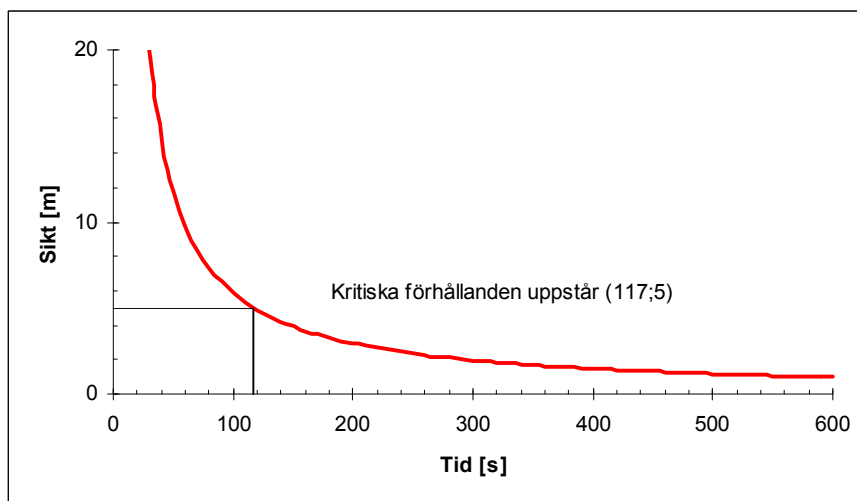
Detektor - öppna dörrar

Utrymme	Temp i nedre zon (80°C)	Strålning (2,5 kW/m ²)	Brandgaslagrets höjd (1,6 + 0.1· h)	Temperaturdiff. (>20°C)
Korridor Lång	-	-	2 min	2 min

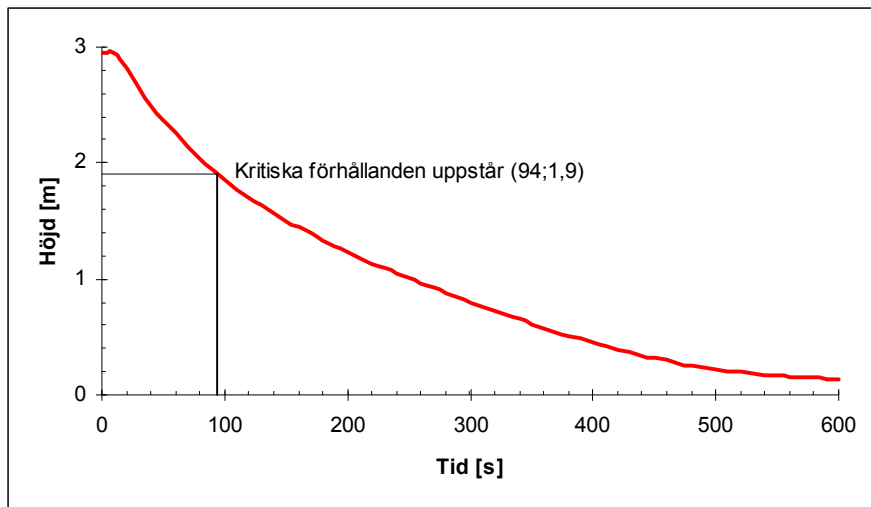
Bilaga D Grafer över tider till kritiska förhållanden



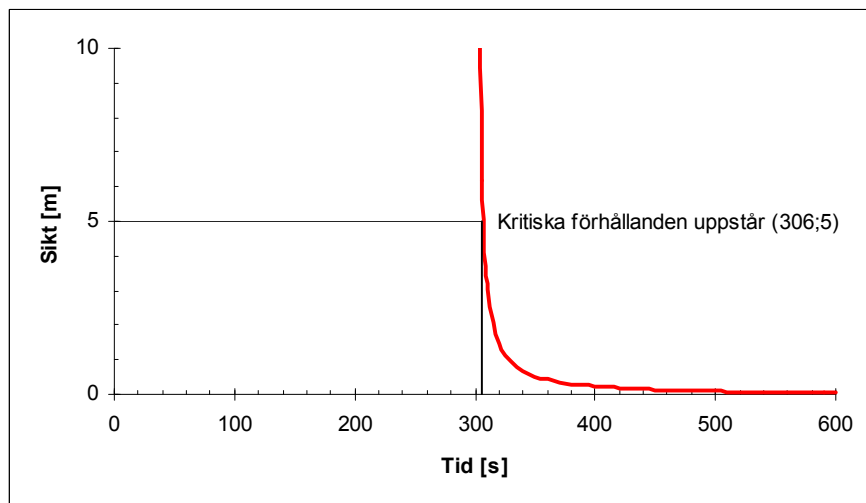
Figur D.1 Brandgaslagrets höjd över golvet i KappAhl Stor 2.



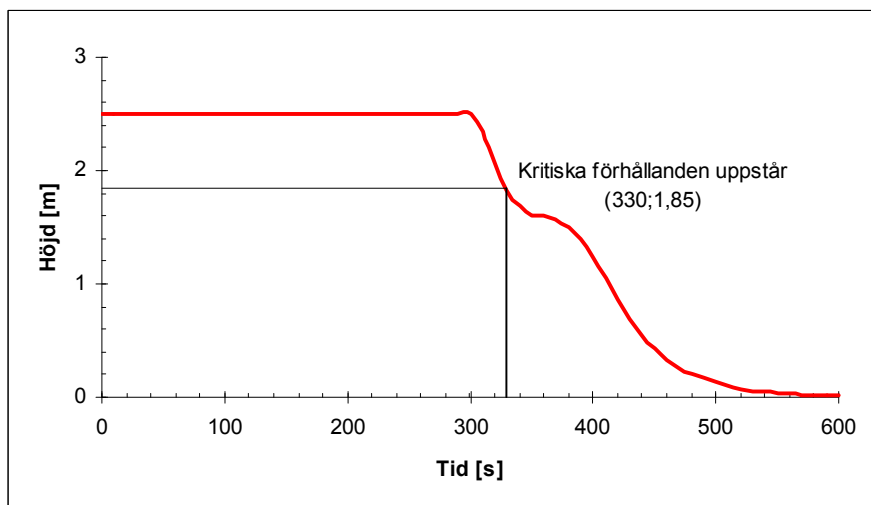
Figur D.2 Sikt i restaurang Kwang Chow.



Figur D.3 Brandgaslagrets höjd över golvet i Kwang Chow.



Figur D.4 Sikt i Psykiatriska mottagningens korridorer.



Figur D.5 Brandgaslagrets höjd över golvet i Psykiatriska mottagningens Korridor Lång. Det oregelbundna utseendet förklaras av att branden begränsas av syretillgången.

Bilaga E Enkätundersökning till personalen

Har du fått någon utbildning som har med brandskydd att göra?

Ja	Nej
7	7

Om ja, när?

2000. 2000. 2005. 2005. 2007. Längesedan.

Finns det släckutrustning i era lokaler?

Ja	Nej	Vet ej
14	0	1

Om ja, anser du dig kunna hantera denna?

Ja	Nej
13	2

Kommentarer:

Skulle behöva känna och klämma lite. Vi har tränat.

Har du varit med om att brandlarmet har aktiverats?

Ja	Nej
11	4

Om ja, skedde utrymning?

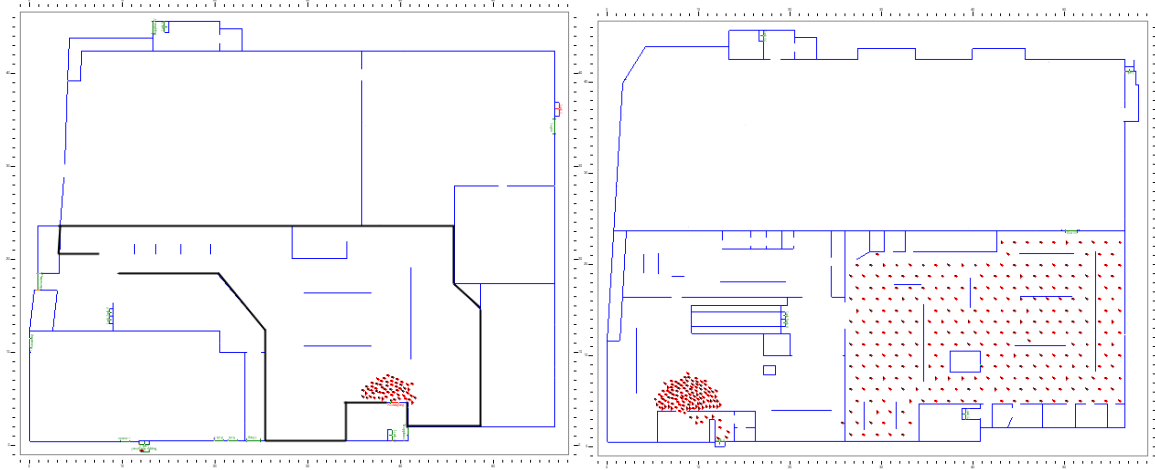
Ja	Nej
9	2

Kommentarer:

Men envisa ville inte gå ut. Fast efter en kvart, jag hade velat komma ut snabbare. Ingen info.

Totalt antal svar: 15

Bilaga F Personbelastningar i galleriadelen vid brand på KappAhl



Figur F.1 Personbelastning i galleriadelen, Plan 1 till vänster och Plan 2 till höger, vid tiden då kritiska förhållanden uppstår under brand i KappAhl. Detta sker efter 3,5 minuter i den del av KappAhl där utrymningsvägen är belägen.

Bilaga G Beräkning av massavbrinningen för rapsolja

G.1 Förutsättningar

Då antagandet görs att restaurang Kwang Chow använder rapsolja vid fritering utförs ett försök i Brandlaboratoriet på LTH för att kunna bestämma dess massavbrinning. Syftet med försöket är att få reda på hur stor massavbrinningen blir för frityrolja i ett kärl med samma diameter som de kastruller som används i Kwang Chow. Detta för att sedan kunna använda resultatet vid framtagandet av dess effektutveckling.

G.2 Materiel och utrustning

Rapsolja används vid försöket och isolering placeras ut för att skydda golv och våg. Gasol används vid uppvärmning av oljan. Ett termoelement mäter temperaturen på den olja som hålls upp i ett cirkulärt kärl. En våg mäter kontinuerligt oljans massa och en fläkt för bort de brandgaser som produceras.

G.3 Metod och genomförande

Rapsoljan hålls upp i ett kärl med samma area som det aktuella på Kwang Chow. Den våg som behållaren placeras på skyddas av isolering för att inte skadas av de höga temperaturer som oljan förväntas uppnå. Isolering läggs även bredvid vågen för att skydda mot eventuella stänk. Ett termoelement placeras i behållaren för att kunna mäta ungefärliga temperaturer i brandförloppet.

Då kännedom om hur oljan reagerar vid brand saknas, görs först ett småskaligt test för att kontrollera dess beteende. Uppvärmning sker med hjälp av en gasolbrännare och relativt höga temperaturer krävs innan antändning sker. Till en början syns bara små lågor som rör sig över oljans yta, dessa slocknar dock och mer värme måste tillföras. Då större lågor börjar uppträda stiger temperaturen tämligen kraftigt och vid släckning används både koldioxid och kvävning med hjälp av en skiva isolering. Temperaturer över 400°C uppmäts och behållarens metallytor är troligen ännu varmare. Detta gör att oljan börjar brinna igen efter släckningsförsök med koldioxid och därigenom krävs ytterligare släckning genom kvävning. Resultatet från första försöket gör att släckning vid den större branden förbereds redan innan antändning.

Vid försöket med den större mängden olja används två gasolbrännare för uppvärmning till antändningstemperatur. Då oljan börjat brinna tas mätvärden för massan var femtonde sekund i fyra minuter. Hög sotproduktion uppstår och genom visuell uppskattning antas den överstiga en träbrand av motsvarande storlek. En bättre jämförelse torde vara brand i heptan som antas brinna med liknande sotproduktion. När fläkten i brandlaboratoriet inte längre klarar av den höga mängd brandgaser som bildas och dessa istället börjar läcka in, avslutas försöket. Koldioxid används då för släcka och en skiva isolering läggs på för att förhindra återantändning.



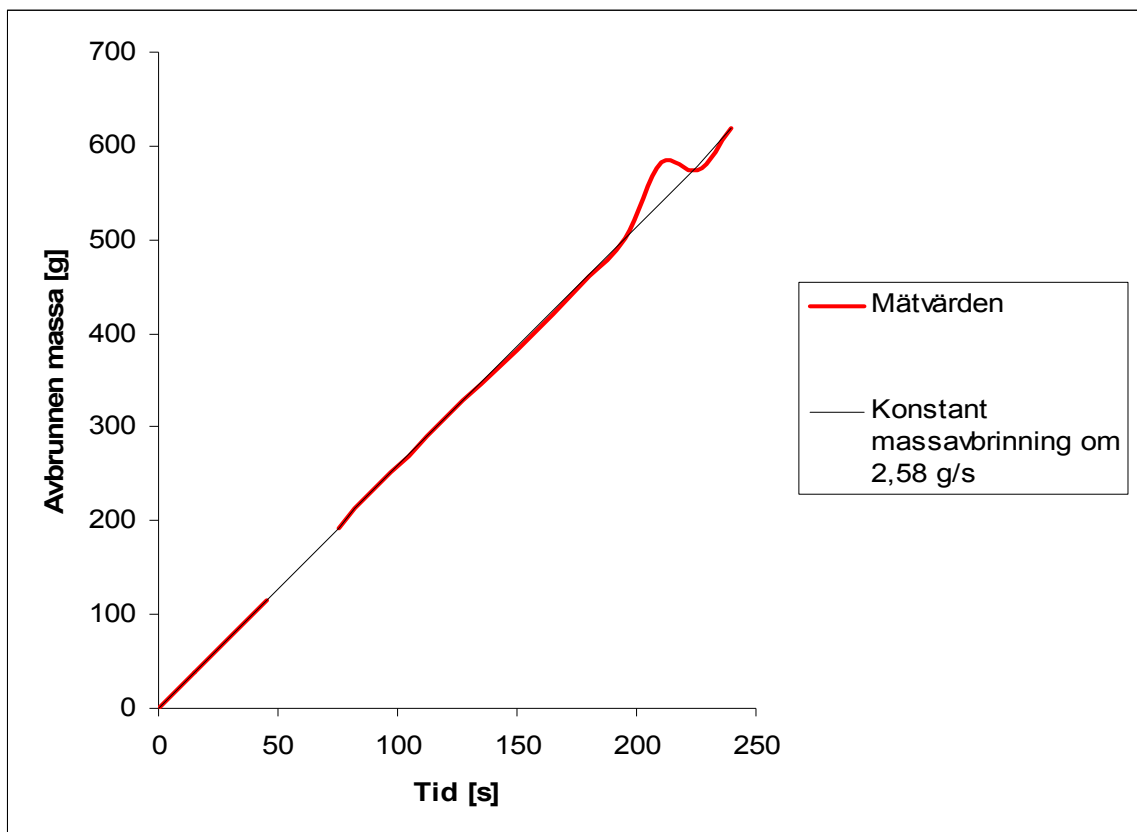
Figur G.1 Försöksuppställning.

G.4 Mätvärden och resultat

Tabell G.1 Mätvärden från försöket.

Tid [s]	Avbrunnen massa [g]
0	0
15	38
30	77
45	116
60	-
75	193
90	232
105	269
120	310
135	345
150	383
165	420
180	462
195	501
210	583
225	575
240	618

$$\Rightarrow \dot{m} = \frac{618}{240} \approx 2,58 \text{ g/s}$$



Figur G.2 Den avbrunna massan som funktion av tiden.

Då massavbrinningen från en behållare är cirka 2,6 g/s antas massavbrinningen för tre kastruller bli 7,8 g/s.

G.5 Diskussion

Termoelementet ger varierande temperaturer både innan och under brandförloppet. Detta kan bero på gasolbrännarnas placering i förhållande till termoelementet och ifall denna vidrör delar av behållaren.

Då isoleringen som används för att släcka oljan lyfts bort visar det sig att oljan inte täcker hela botten på behållaren. Om detta är fallet under tiden mätvärden tas kan det påverka massavbrinningen, vilket kan förklara den plötsligt ökande massavbrinningen efter cirka 200 sekunder. Med den uppmätta massavbrinningen och Ekvation 4.5 räknas effektutvecklingen för det aktuella scenariot ut, denna blir 220 kW.

Bilaga H Beräkning av rökpotentialen för matolja

H.1 Förutsättningar

Vid ett eget experiment, se Bilaga G, gjordes visuella bedömningar av rökpotentialen. Brandgasutvecklingen påminde om den som blir vid förbränning av heptan och en beräkning av heptans rökpotential genomförs därför i denna bilaga.

För att få ett riktvärde på oljans rökpotential beräknas denna ur ett försök utfört av Serge Zhuiykov (Zhuiykov 2004) vars egentliga syfte var ett annat än bestämning av rökpotential. Dock gjordes mätningar som är till hjälp för den som vill bestämma rökpotentialen. Olika matoljor värmdes upp till antändning och fick brinna ett tag innan de släcktes. De saker som mättes och som är av intresse i denna rapport är siktnedsättningen i rummet som försöket utfördes i. Andra uppgifter som är till nytta vid beräkning är försöksrummets volym och bränsleytans diameter. Även värden från ett eget försök som beskrivs i Bilaga G används.

H.2 Beräkning av heptans rökpotential

De källor som funnits tillgängliga för rökpotentier redovisar ej värdet för heptan, däremot redovisas ett värde för produktion av sotpartiklar på 0,037 g/g (SFPE 2002, s 3-111). Använder man sedan ett samband mellan produktion av sotpartiklar och rökpotential (Nilsson 2007, s 66) blir beräkningen enligt nedan:

$$\text{Rökpotential} \quad D_0 = \text{POD} \cdot y_s = 7,6 \cdot 0,037 = 0,2812 \approx 0,28 \text{ m}^2/\text{g}$$

POD = Particulate Optical Density [m^2/g]

y_s = Yield sot, antal gram sot som bildas för varje gram bränsle som förbränns [g/g]

H.3 Mätvärden

Diameter på Zhuiykovs försökskastrull:

0,3 m

Volym på Zhuiykovs försöksrum:

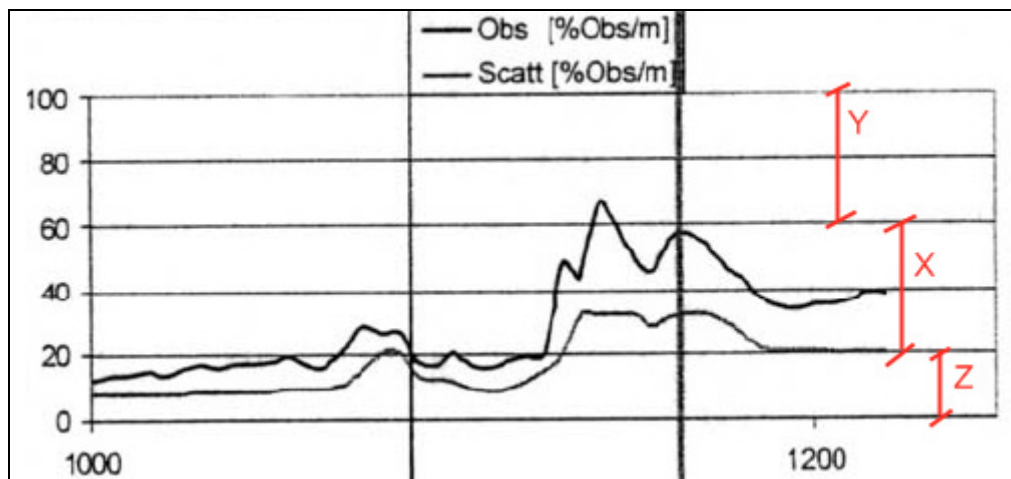
$8 \cdot 12 \cdot 4 = 384 \text{ m}^3$

Siktnedsättningen i Zhuiykovs försöksrum:

se Figur H.1

Tid mellan antändning och släckning Zhuiykovs försök:

77 s



Figur H.1 Visar fördunklingen i rummet i [%/m] som funktion av tiden. De två vertikala linjerna visar tid för antändning respektive släckning. Z är den fördunkling som sker innan förbränningen startar, X är fördunklingen som sker under förbränningen och Y är den andel av ljuset som når fram genom röken. Beteckningarna är inlagda av denna rapportens författare (Zhuiykov 2004, s 18).

Massavbrinning för eget försök: 2,5 g/s
Diameter på egen försökskastrull: 0,4 m

H.4 Beräkningar och antaganden

Effektutveckling Zhuiykovs försök

Antagande: Effektutvecklingen för en pölbrand skalar linjärt mot arean på kärlet.

Effekten per areaenhet för egna försöket: $\frac{73}{0,2^2 \cdot 3,14} = 581 \text{ kW/m}^2$

Effektutveckling Zhuiykovs försök: $581 \cdot 0,15^2 \cdot 3,14 = 41 \text{ kW}$

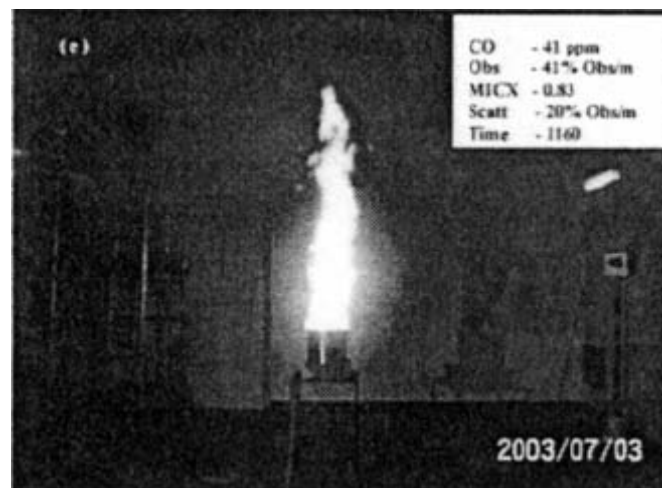
Massa förbränd i Zhuiykovs försök

Antagande: Förbränningsvärmnet är samma som för andra matoljor och förbränningseffektiviteten är 0,7

Ekvation 6.7 ger $m = \frac{41 \cdot 77}{40000 \cdot 0,7} = 0,113 \text{ kg}$

Optisk densitet i försöksrummet vid tiden för släckning

Antagande: Brandgaserna antas bli väl ombländade, se Figur H.2.



Figur H.2 Foto taget vid Zhuiykovs försök som visar att ingen tydlig skiktning uppstår (Zhuiykov 2004, s 15).

För att bestämma den optiska densiteten används Ekvation 4.3 och parametrarna I och I_0 måste bestämmas vilket görs med hjälp av Figur H.1. I_0 är den intensitet som sänds ut av sändaren och är 100 % eftersom ingen fördunkling har hunnit ske. I är den ljusintensitet som når fram till mottagaren. I experimentet börjar sikten försämrans redan innan antändning skett, markerat Z i Figur H.1, vilket stör bestämningen av rökpotentialen varför den måste räknas bort. Den fördunkling som sker på grund av branden är markerad X i Figur H.1 och den är 40 %, om ingen hänsyn tas till Z blir den intensitet som når fram till mottagaren, det vill säga I , $100 \% - 40 \% = 60 \%$.

$$\text{Ekvation 4.3 ger } D_L = -\frac{1}{1} \cdot \ln\left(\frac{0,6}{1}\right) = 0,51 \text{ m}^{-1}$$

Rökpotential

$$\text{Ekvation 4.4 ger } D_0 = 0,51 \cdot \frac{384}{113} = 1,7 \text{ m}^2/\text{g}$$

H.5 Resultat

Den rökpotential som beräknats ur Zhuiykovs försök är mycket högre än förväntat, cirka en faktor 10 för stor. Möjliga felkällor är att effektutvecklingen inte stämmer eller att tolkningen av fördunklingsmätningen är felaktigt gjord. Vi väljer att se beräkningarna som en indikation på att oljan har en hög rökpotential men använder oss inte av det framräknade värdet. Istället används den för heptan på $0,28 \text{ m}^2/\text{g}$ som är mer realistisk.

Bilaga I Maximal effektutveckling i Psykiatriska mottagningen

Att bestämma vilken maximal effekt som kan utvecklas i ett rum med en enda öppning till omgivningen görs enkelt med hjälp av Ekvation 4.1. I fallet med köket i Psykiatriska mottagningen är det flertalet öppningar till ariet som till en början kommer att avgöra den maximala effektens storlek, i alla fall så länge det finns syre i ariet.

I fallet med flera öppningar används Ekvation 4.1 men A_o och H_o vägs samman mellan de olika öppningarna enligt formlerna nedan (Karlsson et al. 2000, s 130):

$$A_o = \sum_0^n b_n \cdot h_n \quad [\text{m}^2] \qquad H_o = \frac{\left(\sum_0^n b_n \cdot h_n^2 \right)}{A_o} \quad [\text{m}]$$

b_n = bredd på öppning n [m] h_n = höjd på öppning n [m]

Vilka öppningar som avses visas i Figur I.1. Dörren är enligt scenariot öppen från början och fönsterrutorna antas gå sönder vid en brandgastemperatur på 200°C vilket sker efter 2 minuter enligt CFAST-beräkningarna. Detta gör att alla fyra öppningar räknas som öppna då övertändning sker.



Figur I.1 Öppningarna som avses i beräkningarna är de som ramas in och numrerats till höger i bilden.

Exakta mått på öppningarnas storlek saknas men följande grova uppskattningar görs:

$$\begin{aligned} h_1 = h_2 = h_3 &= 1 \text{ m} & b_1 = b_2 = b_3 &= 1,5 \text{ m} \\ h_4 &= 2 \text{ m} & b_4 &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Sätts dessa värden in i ekvationerna för A_o och H_o som därefter kombineras med Ekvation 4.1 ges resultatet att $\dot{Q}_{\max} = 7,2 \text{ MW}$.

Bilaga J Kontrollberäkning av utrymningstiden

Den förflyttningstid Simulex anger för personerna som befinner sig på KappAhl kommer här att kontrolleras.

Förflyttningstid genom handberäkningar ges av $t_{\text{gång}}$ och $t_{\text{dörr}}$ (Utrymningsdimensionering 2006, s 45).

$$t_{\text{gång}} = \frac{l}{v} \text{ [s]}$$

Ekvation J.1

l = Avståndet till utgången [m]
 v = Aktuell gånghastighet [m/s]

$$t_{\text{dörr}} = \frac{n}{b \cdot f} \text{ [s]}$$

Ekvation J.2

n = Antal personer som ska passera dörren [-]
 f = Dimensionerat personflöde genom dörren [pers/s·m]

b = Dörrens bredd [m]

J.1 Utan åtgärd

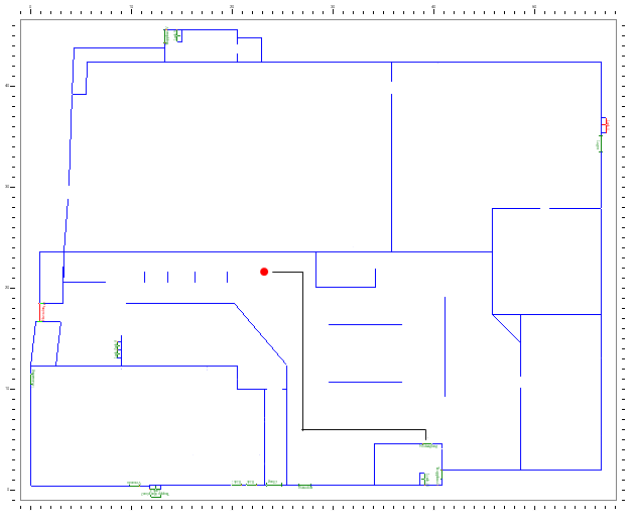
Avståndet till utgången sätts till 35 meter, se Figur J.1. Gånghastigheten antas vara 0,6 m/s då personbelastningen är hög (Utrymningsdimensionering 2006, s 46).

Ekvation J.1 ger då att $t_{\text{gång}} \approx 1$ minut.

Antalet personer som ska passera dörren är alla de 251 personer som befinner sig på KappAhl Stor 1 och 2. Bredden på dörren är 0,9 meter och personflödet genom denna antas till 1,2 pers/m·s (Utrymningsdimensionering 2006, s 46).

Ekvation J.2 ger då att $t_{\text{dörr}} \approx 4$ minuter.

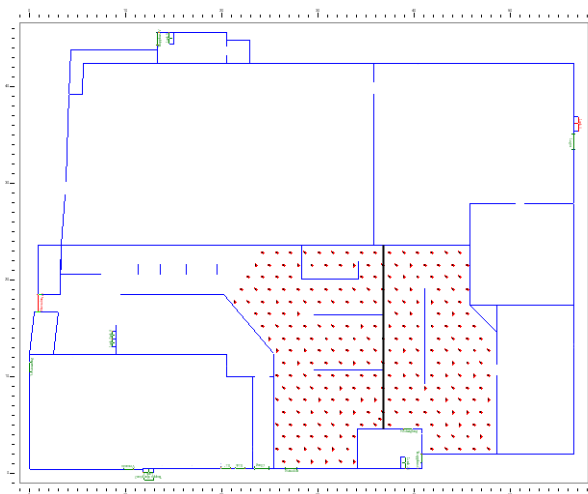
Varseblivningstiden för personen som befinner sig på 35 meter från utgången har antagits till 0,5 minut, se Kapitel 6.3.1, vilket då ger en sammanlagd utrymningstid på 5,5 minuter. Detta värde skiljer sig inte så mycket från det som Simulex räknade fram på cirka 4 minuter. En felkälla på handberäkningen kan vara att alla personer inte simultant kommer att gå mot dörren. I Simulex anges två olika varseblivningstider, vilket borde göra att köbildningen blir mindre.



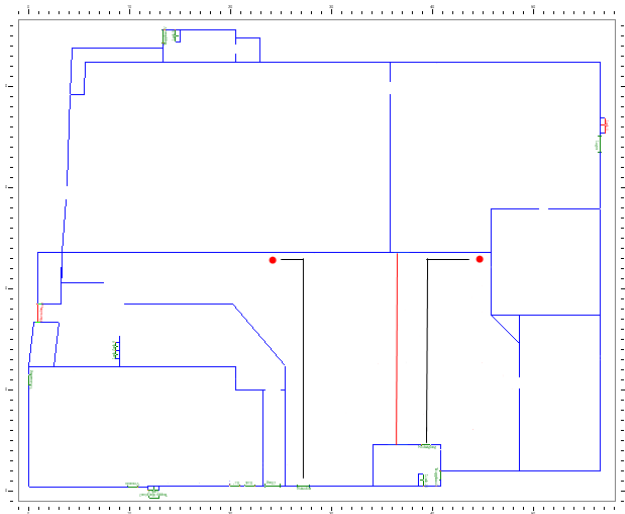
Figur J.1 Gångavstånd till nödutgång

J.2 Med åtgärd

KappAhl Stor är här indelat i två delar efter vilken utgång som väljs, se Figur J.2. Förflyttningen kommer att räknas för den person som befinner sig längst bort från dörren i de båda fallen, se Figur J.3. Antagandet görs sedan att den förflyttning som tar längst tid av de båda, sätts till total tid för utrymning. Detta görs då personerna i de båda fallen inte antas inverka på varandra vid förflyttningen.



Figur J.2 Antal personer som använder sig av de båda utrymningsdörrarna.



Figur J.3 Avstånd till utrymningsvägen med fall 1 till vänster och fall två till höger.

J.2.1 Fall 1

Ekvation J.1 ger att $t_{\text{gång}} = \frac{26}{0,6} \approx 45$ sekunder

Ekvation J.2 ger att $t_{\text{dörr}} = \frac{144}{1,2 \cdot 1,2} = 100$ sekunder

Med en antagen reaktionstid på 0,5 minut, se Kapitel 6.3.1, så medför det att utrymning sker på cirka 3 minuter.

J.2.2 Fall 2

Ekvation J.1 ger att $t_{\text{gång}} = \frac{23}{0,6} \approx 40$ sekunder

Ekvation J.2 ger att $t_{\text{dörr}} = \frac{107}{0,9 \cdot 1,2} \approx 100$ sekunder

Med en antagen reaktionstid på 0,5 minut, se Kapitel 6.3.1, så medför det att utrymning sker på cirka 3 minuter.

Tiden till utrymning blir då 3 minuter att jämföra med tiden Simulex angav på 2 minuter 45 sekunder. Det tyder på att simuleringarna i Simulex stämmer bra.

Bilaga K Ej valda scenarion

K.1 Entréhall

På grund av ett tekniskt fel i rulltrappans maskineri överhettas delar av motorn vilket leder till en begränsad brand med öppna lågor. Bränslet, som antas vara oljor och damm, ger upphov till kraftig rökutveckling, dock blir mängden rök måttlig på grund av liten tillgång till bränsle. Brandgaserna sprider sig i entréhallen och vidare till Plan 2.

Konsekvenserna av scenariot anses inte som direkt livshotande för personerna i byggnaden. Huvudentrén till huset blockeras och folk måste utrymma via nödutgångar.

K.2 Systembolaget

Det uppstår gnistbildning på grund av tekniskt fel i elskåpen placerade på samma vägg som porten till lastkajen. Dessa gnistor antänder några av de pappkartonger som finns i elskåpets närhet, branden sprider sig därefter till de lastpallar som står travade bredvid nödutgången.

Det finns en risk för att de personer som befinner sig i personalutrymmena får mycket svårt att utrymma på grund av brandens placering nära dörren som är enda vägen ut ifrån rummen. Personalen och kunderna som befinner sig i affärslokalen kommer att kunna använda huvudentrén som nödutgång.

Lagret har större brandbelastning än butiken, men är avskiljd från butiksdelen med en vägg och en magnetuppställd dörr. Därigenom hotas inte personsäkerheten för dem som befinner sig i butiksdelen. Skulle magnetuppställningen mot förmodan inte fungera vid en brand på lagret, så är det utrustat med rökdetektorer och butiken är lätt överblickbar.

K.3 Lastkaj

En anlagd brand startar när någon kastar ett brinnande föremål bland soptunnorna som belamrar Systembolagets lastkaj. Då det finns mycket brännbart material där kan branden tillväxa och få fäste i träfasaden som omger lastkajen och på så sätt sprida sig vidare till övriga delar av huset.

Detta scenario bedöms ej som det mest livshotande för personerna i byggnaden, då det sannolikt kommer att dröja lång tid till branden sprider sig in i lokalerna. Upptäckt och utrymning hinner därför troligen ske innan hot mot personsäkerhet uppstår.

K.4 Källarlager

Ett trasigt lysrör medför antändning av närbelägna kläder. Branden sprider sig snabbt dels på grund av den höga brandbelastningen och dels på grund av det låga taket där större delen av kläderna förvaras. Hela rummet rökfylls och branden blir snart ventilationskontrollerad då det är brist på öppningar som kan släppa in syre till branden.

Inga personer torde komma till skada eftersom få personer förväntas befinna sig i källarplan. Lagret är en egen brandcell och borde därför inte sprida några brandgaser till övriga delar av huset innan räddningstjänsten är på plats och kan påbörja släckning. En brandgaslucka belägen i lagret underlättar brandgasventilationen

K.5 Garage

En anlagd brand i en personbil sprider sig till intilliggande fordon. Branden kan tillväxa oupptäckt eftersom allmänheten ej har tillträde till dessa ytor. Branden kan få en hög effekt och därigenom påverka hela byggnaden.

Konsekvenserna för personsäkerheten av en brand i garaget skulle inte bli lika stora som en brand på något av de andra våningsplanen. De som befinner sig på samma plan förväntas vara väldigt få då allmänheten inte har tillträde till garaget och de som befinner sig på andra plan antas hinna utrymma i god tid.

Brandteknisk Riskvärdering
Kvarteret Juno Norrtälje
Rapport 9324

Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska högskola
Lund 2007