



Rapport nr 9235

Martin Malmberg  
Johan Sedig  
Björn Sundin  
Johan Westerlund

# Brandteknisk riskvärdering Gränby Centrum, Uppsala



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



**Avdelning för brandteknik**

Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 LUND  
telefon: 046-222 73 00  
e-post: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Department of Fire Safety Engineering**

Lund Institute of Technology  
Box 118  
221 00 LUND SWEDEN  
telephone: +46-(0)46-222 73 00  
e-mail: [brand@brand.lth.se](mailto:brand@brand.lth.se)

**Titel**

Brandteknisk riskvärdering av Gränby Centrum, Uppsala.

**Title**

Fire safety evaluation of Gränby shopping center, Uppsala.

**Rapport/Report**

9235

**Sökord**

Gränby Centrum, Köpcentrum, Brandteknisk riskvärdering, Personsäkerhet, Utrymning, FAST/CFAST V3.1.7, Simulex V11.1.3

**Keywords**

Gränby Centrum, Shopping center, Fire safety evaluation, Human safety, Evacuation, FAST/CFAST V3.1.7, Simulex V11.1.3

**Författare/authors:**

Martin Malmberg  
Johan Sedig  
Björn Sundin  
Johan Westerlund  
Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, December 2004  
Dept of Fire Safety Engineering, Lund University, December 2004

**Abstract**

The purpose of this report is to evaluate the fire safety in the commercial center Gränby. The project has been carried out as a part of the student's education. The bases for the evaluation are three fire scenarios which have strategically been placed in the commercial center. The scenarios are simulated in the fire modeling program CFAST. The results have been analyzed and implemented in the egress calculation program Simulex. The outputs of the two programs have been compared and used to evaluate the safety for the occupants incase of fire.

The results based on the fire scenarios studied, show that in two out of three fire scenarios, people will get out in time. Egress time is however much dependent on how fast the egress alarm is activated by service personal at the shopping center.

Studies also show that spread of smoke is possible via the ventilation system between tight compartments.

## **Förord**

Vi vill tacka ett antal personer som har gjort detta projekt genomförbart. Först och främst vill vi tacka brandingenjör Patrik Dahlberg vid Räddningstjänsten i Uppsala som har bistått med material om objektet och med gott bemötande under vår visit i Uppsala. Vi vill också rikta ett tack till vår handledare Robert Jönsson som har ledsagat oss under projektets gång. Vi vill även tacka Lars Jensen för hjälp med ventilationsdelen, Daniel Gojkovic för sin hjälp med brandsimulering av scenarier, Håkan Frantzich och Daniel Nilsson med utrymning och slutligen Mats Ahlstedt på Atrium fastigheter med uppgifter och rundvandring på objektet.

## **Anmärkning**

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

# Sammanfattning

I denna rapport har en brandteknisk riskvärdering av Gränby centrum genomförts. Fokus har varit att se över brandskyddet och värdera personsäkerheten vid utrymning i händelse av brand.

Gränby centrum är ett stort köpcentrum strax utanför Uppsala som år 2003 hade ett besöksantal på ca 5,4 miljoner personer. Det byggdes 1971 men har sedan dess byggts ut i etapper under åren 1995, 2000 och 2001. Centrat består av två plan sammanbundna av två rullband (steglösa rulltrappor). Det inhyser för närvarande 41 butiker, med allt från matvaruaffärer till klädesaffärer och restauranger. Den totala ytan är 32500 m<sup>2</sup>.

Hela byggnaden utgörs i stort sett av en enda brandcell. Det innebär att vid byggnationen installerades sprinkler i hela byggnaden för att kunna göra avsteg från vissa krav i Boverkets Byggregler.

Analysen av personsäkerheten har gjorts med scenariemetodik. Tre stycken ”värsta troliga” brandscenarier har, efter besök och värdering av olika brandrisker, tagits fram. Dessa scenarier har sedan simulerats i datorprogrammet CFAST och utrymningsprogrammet Simulex (V11.1.3).

- Scenario 1 – Brand COOP
- Scenario 2 – Brand Hemtex
- Scenario 3 – Brand i returhanteringen

Vid brand i ett personalutrymme inne hos Handskmakarn studeras även möjligheten att få brandgasspridning via ventilationssystemet.

Enligt en mindre enkätundersökning riktad till kunder på centrat uppgav ingen att de skulle utrymma via någon av de nödutgångar som var i närheten. Detta beaktades i simuleringar av utrymning.

Datorsimuleringar av brandförlopp i centrats lokaler har varit svår att göra på grund av att centrat har en mycket komplex rumsgeometri. Dessutom finns begränsningar i datorprogrammets resultat vid simulering av stora geometrier. Resultaten bör därför betraktas med försiktighet.

Jämförelser av resultaten från datorberäkningarna visar att det går att utrymma centrat innan tiden för kritiska förhållanden uppnås vid brand på Hemtex och inne på returhanteringen. Vid brand på COOP kan inte tillfredställande utrymning bevisas innan kritiska förhållanden uppstår.

Brand i ett tätt personalutrymme skulle kunna innebära brandgasspridning sker via tilluftssystemet till angränsande utrymmen som försörjs av samma tilluftskanal.

Från simuleringarna av utrymning fås att vid användande av nödutgångar förflöt utrymning mycket smidigare.

Vissa åtgärder som *skall* och *bör* genomföras för att öka personsäkerheten ytterligare redogörs nedan.

Åtgärder som *skall* genomföras

- Tidsinställd aktivering av utrymningslarm.
- Förbättra butikens kännedom om rutiner vid brand.
- Säkerställa bättre ordning i utrymningsvägar.
- Åtgärdande av brister påpekade i besiktningssprotokoll.

Åtgärder som *bör* genomföras

- Se över möjlighet att omplacera brandförsvarstablån
- Upprättande av insatsplan för Räddningstjänsten.

Med föreslagna åtgärder, som i huvudsak syftar till att förkorta tiden för utrymning, anses personsäkerheten på Gränby Centrum vara tillfredställande.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b><u>INLEDNING.....</u></b>	<b>2</b>
1.1	SYFTE.....	2
1.2	METOD.....	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	2
<b>2</b>	<b><u>OBJEKTSBESKRIVNING.....</u></b>	<b>4</b>
2.1	ALLMÄNT.....	4
2.2	ÄGARE .....	4
2.3	BYGGNAD.....	4
2.4	KUNDER.....	8
2.5	TILLBUDSHISTORIK .....	8
2.6	BEFINTLIGT BRANDSKYDD .....	9
2.7	VENTILATIONSSYSTEMET .....	12
<b>3</b>	<b><u>BRANDSCENARIER.....</u></b>	<b>16</b>
3.1	VAL AV BRANDSCENARIER .....	16
3.2	BRANDSCENARIERNAS EFFEKTUTVECKLINGSKURVOR.....	18
3.3	SCENARIO 1 – BRAND COOP .....	20
3.4	SCENARIO 2 - BRAND HEMTEX .....	23
3.5	SCENARIO 3 - BRAND I RETURHANTERINGEN .....	26
3.6	SCENARIO 4 – BRAND I PERSONALUTRYMME .....	29
<b>4</b>	<b><u>SIMULERING AV BRANDFÖRLOPP.....</u></b>	<b>30</b>
4.1	ALLMÄNT OM OCH BEGRÄNSNINGAR MED CFAST OCH ZONMODELLER.....	30
4.2	KRITISKA FÖRHÅLLANDEN .....	30
4.3	KÄNSLIGHETSANALYS .....	31
4.4	SIMULERING COOP.....	32
4.5	SIMULERING HEMTEX .....	36
4.6	SIMULERING RETURHANTERINGEN .....	41
4.7	SIMULERING PERSONALUTRYMME.....	49
4.8	SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT .....	52
<b>5</b>	<b><u>UTRYMNING .....</u></b>	<b>54</b>
5.1	ALLMÄNT.....	54
5.2	MÄNNISKORS BETEENDE VID UTRYMNING.....	54
<b>6</b>	<b><u>SIMULERING AV UTRYMNING .....</u></b>	<b>56</b>
6.1	ALLMÄNT OM SIMULERING I SIMULEX .....	56
6.2	ENKÄTUNDERSÖKNING.....	57

6.3	PERSONTÄTHET GRÄNBY CENTRUM.....	59
6.4	INDATA I SIMULERINGEN.....	60
6.5	UTRYMNING BRAND COOP.....	61
6.6	UTRYMNING BRAND HEMTEX.....	64
6.7	UTRYMNING BRAND RETURHANTERINGEN.....	66
6.8	VAL AV AKTIVERINGSTID FÖR UTRYMNINGSLARM.....	68
6.9	SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT.....	68
<b>7</b>	<b><u>OSÄKERHETER.....</u></b>	<b>70</b>
7.1	ANTAGET BRANDSCENARIO.....	70
7.2	UTRYMNING.....	70
7.3	BYGGNADENS UTFORMNING.....	70
7.4	SPRINKLERINVERKAN.....	70
7.5	VENTILATIONSFLÖDEN.....	71
<b>8</b>	<b><u>VÄRDERING AV PERSONSÄKERHETEN.....</u></b>	<b>72</b>
8.1	UTVÄRDERINGEN AV SCENARIERNA.....	72
8.2	BEDÖMNING AV BEFINTLIGT BRANDSKYDD.....	74
8.3	ÖVERGRIPANDE VÄRDERING AV PERSONSÄKERHETEN.....	75
<b>9</b>	<b><u>FÖRSLAG TILL FÖRBÄTTRINGAR.....</u></b>	<b>76</b>
9.1	ÅTGÄRDER SOM SKALL GENOMFÖRAS.....	76
9.2	ÅTGÄRDER SOM BÖR GENOMFÖRAS.....	77
	<b><u>REFERENSER.....</u></b>	<b>78</b>
	<b><u>BILAGOR.....</u></b>	<b>79</b>
	<b><u>BILAGA 1 BEFINTLIGT BRANDSKYDD.....</u></b>	<b>80</b>
	<b><u>BILAGA 2 LUFTFÖRSÖRJNING.....</u></b>	<b>81</b>
	<b><u>BILAGA 3 BERÄKNINGAR BRANDSCENARIO COOP.....</u></b>	<b>89</b>
	<b><u>BILAGA 4 BERÄKNINGAR BRANDSCENARIO HEMTEX.....</u></b>	<b>91</b>
	<b><u>BILAGA 5 BERÄKNINGAR BRANDSCENARIO RETURHANTERING.....</u></b>	<b>94</b>
	<b><u>BILAGA 6 KÄNSLIGHETSANALYS BRANDSIMULERING COOP.....</u></b>	<b>96</b>
	<b><u>BILAGA 7 STRÅLNINGSBERÄKNINGAR HEMTEX.....</u></b>	<b>101</b>
	<b><u>BILAGA 8 KÄNSLIGHETSANALYS BRANDSCENARIO HEMTEX.....</u></b>	<b>102</b>
	<b><u>BILAGA 9 SIKTBERÄKNING BRAND RETURHANTERINGEN.....</u></b>	<b>106</b>

**BILAGA 10 KÄNSLIGHETSANALYS BRANDSCENARIO RETURHANTERINGEN ..... 108**

**BILAGA 11 BERÄKNINGAR AV MAXIMAL BRANDEFFEKT PERSONALUTRYMME . 111**

**BILAGA 12 ENKÄT ANGÅENDE UTRYMNING I GRÄNBY CENTRUM ..... 112**





# 1 Inledning

Här beskrivs rapportens syfte, metod och avgränsningar.

## 1.1 Syfte

Denna rapport är en del i kursen VBR 054 – Brandteknisk riskvärdering som läses tredje året på brandingenjörsutbildningen. Målet med rapporten är att träna författarna i analys och dimensionering av brandskyddet ur personsäkerhetssynpunkt, på ett objekt. Finns det behov skall även förslag på åtgärder ges, som kan förbättra personsäkerheten på objektet.

I kursprogrammet formuleras uppgiften på följande sätt:

*”Genomföra en värdering av risknivån hos ett objekt vilken genomförs som ett större projektarbete. I projektarbetet skall förslag till förbättringar kunna anges samt kunna ange säkerhetskonskvensen av dessa. Projektarbetet utförs som ett grupparbete med bl.a. experimentella inslag, studiebesök och rapportskrivning. Projektarbetet presenteras vid ett offentligt seminarium.”*

## 1.2 Metod

Arbetsmetoden har varit av problembaserad karaktär. Uppgiften bestod, som nämnts ovan, i att analysera personsäkerheten och tillvägagångssättet har varit fritt.

I ett tidigt skede gjordes ett studiebesök på objektet för att få en bild över byggnaden i verkligheten. Detta leddes av gruppens kontaktman vid Räddningstjänsten i Uppsala, Patrik Dahlberg, och av centrats tekniska förvaltare Mats Ahlstedt.

Utifrån rapportens syfte har författarna sedan, i samråd med handledare på skolan, lagt upp en disposition över hur arbetet ska gå tillväga.

Tillvägagångssättet som valdes var att arbeta med scenarier och analysera resultaten av dessa.

Arbetet började med att ta fram troliga och allvarliga brandscenarier på goda grunder. På grund av objektets komplexa byggnadsgeometri har huvudsakligen datorprogram använts för att göra beräkningar på hur snabbt kritiska förhållanden uppstår för folk i byggnaden vid framtagna brandscenarier. I nästa skede bestäms hur lång tid det tar för folk att utrymma byggnaden. Jämförelser mellan de två beräkningarna görs, och från det dras slutsatser om personsäkerheten.

## 1.3 Avgränsningar

I analysen av personsäkerheten har förutsatts att personer är i säkerhet då de lämnat centrat. Härvid har ingen hänsyn tagits till vad som finns utanför objektet. Det finns t.ex. en bensinmack inom cirka 100 meter från centrat, men detta har alltså inte tagits hänsyn till. Byggnaden har också många brandgasluckor på taket. Inverkan av dessa har inte medräknats då de enligt centrats tekniska förvaltare, Mats Ahlstedt, öppnas manuellt av Räddningstjänsten och att dessa inte kan antas vara på plats tidigare än 10 minuter efter larm. Dessutom kan det inte förutsättas att det första Räddningstjänsten gör är att öppna brandgasluckorna.

Byggnadens huvudsakliga konstruktionsmaterial är betong och vid tillbyggnad är mycket gjort med stålkonstruktioner. Bedömningen har gjorts att byggnadens konstruktion och bärighet är tillräckligt rigid för att inte äventyra personsäkerheten under den tid det kan ta att utrymma centrat.

Ventilationssystemet har beskrivits i den mån som är möjlig. Dagsaktuellt principalschema över ventilationssystemet har vi inte fått tag på, varför beräkningarna på ventilationen är gjorda efter relationsritningar från 1995.



## 2 Objektsbeskrivning

*Här beskrivs objektet, dess verksamhet, ägare, byggnation, befintliga brandskydd samt ventilationssystem.*

### 2.1 Allmänt

Gränby Centrum ligger nordöst om centrala Uppsala. Det är ett köpcentra med mestadels sällanköpsvaruhandel, men två större matvarubutiker finns belägna i entréplan. Kombinationen har gjort centralt ledande inom dagligvaruhandeln i regionen. Centrat inhyser även Systembolaget, Svensk Kassaservice, Försäkringskassan samt en Föreningssparbank.

### 2.2 Ägare

Gränby köpcentra ägs av Atrium fastigheter. Ägare till Atrium är Konsumentföreningen Stockholm (72 %) och KP Pension & Försäkring (28 %). Atrium är ett fastighetsbolag med verksamhet i Sverige. Fastighetsbeståndet består av 80 fastigheter med ett marknadsvärde om 8,2 miljarder kronor. Drygt 85 % av fastigheternas marknadsvärde finns i Stockholms- och Mälardalsområdet. Bolagets huvudkontor ligger på Katarinavägen 9 på Södermalm i Stockholm.

Atriums affärsidé är att i svenska tillväxtorter äga, förvalta, förädla och utveckla fastigheter med inriktning på lokaler för handel och kontor.

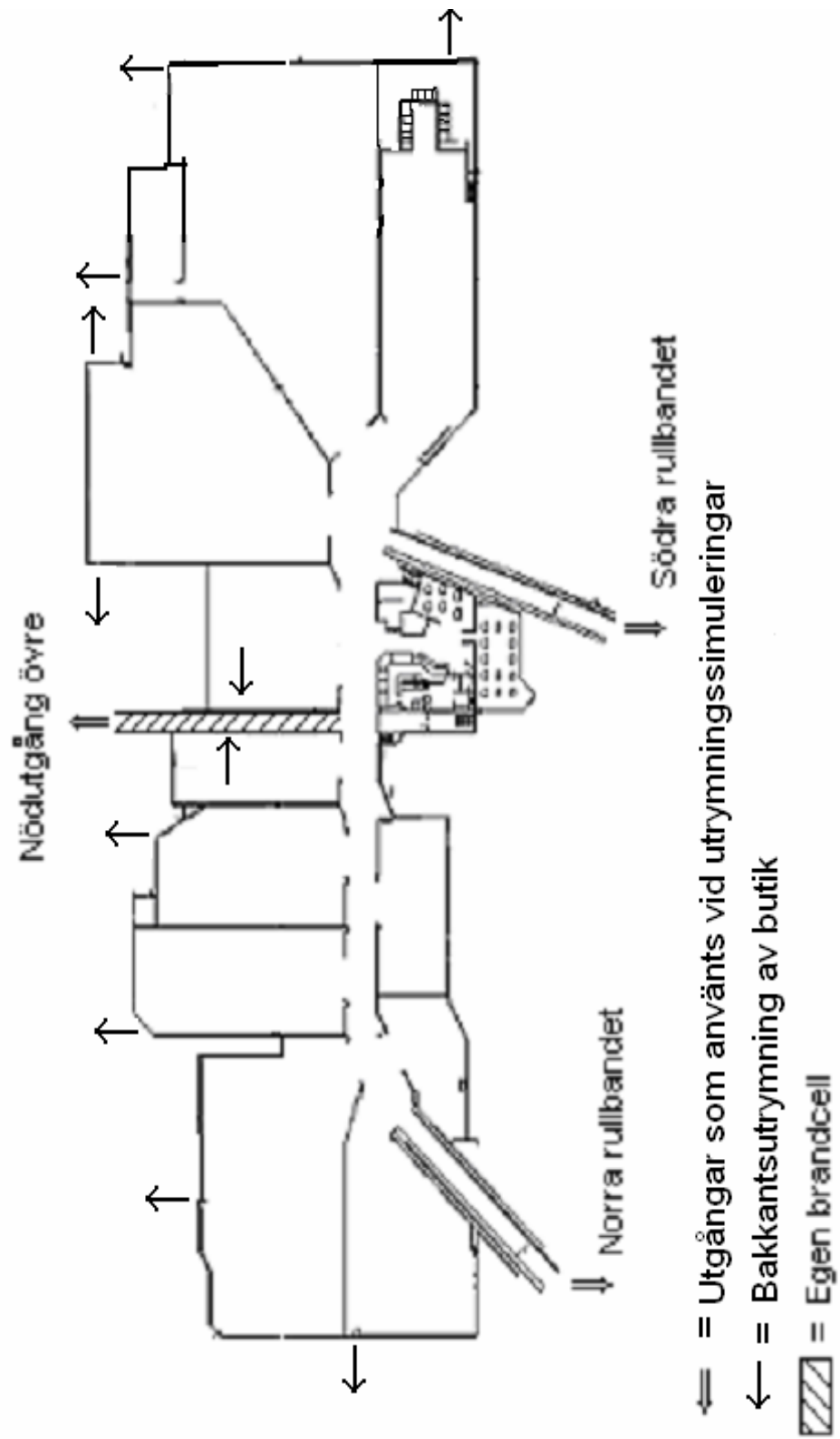
### 2.3 Byggnad

Köpcentrat byggdes 1971 men har sedan dess byggts ut i etapper under åren 1995, 2000 och 2002 och har genomgått en del större förändringar. Centrat har en total yta på 32500 m<sup>2</sup> fördelat på två plan. Det har totalt 41 butiker och två restauranger. Det övre planet har 13 butiker (tolv stycken konfektion och ett café) och står i förbindelse med entréplanet via två rullband, hädanefter benämnda norra och södra rullbanden. Varje rullband utgörs av transportband i båda riktningarna. I entréplanet finns fyra entréer. Entréplanet har ett gångstråk som angränsar till 28 butiker.

#### 2.3.1 Byggnadens geometri

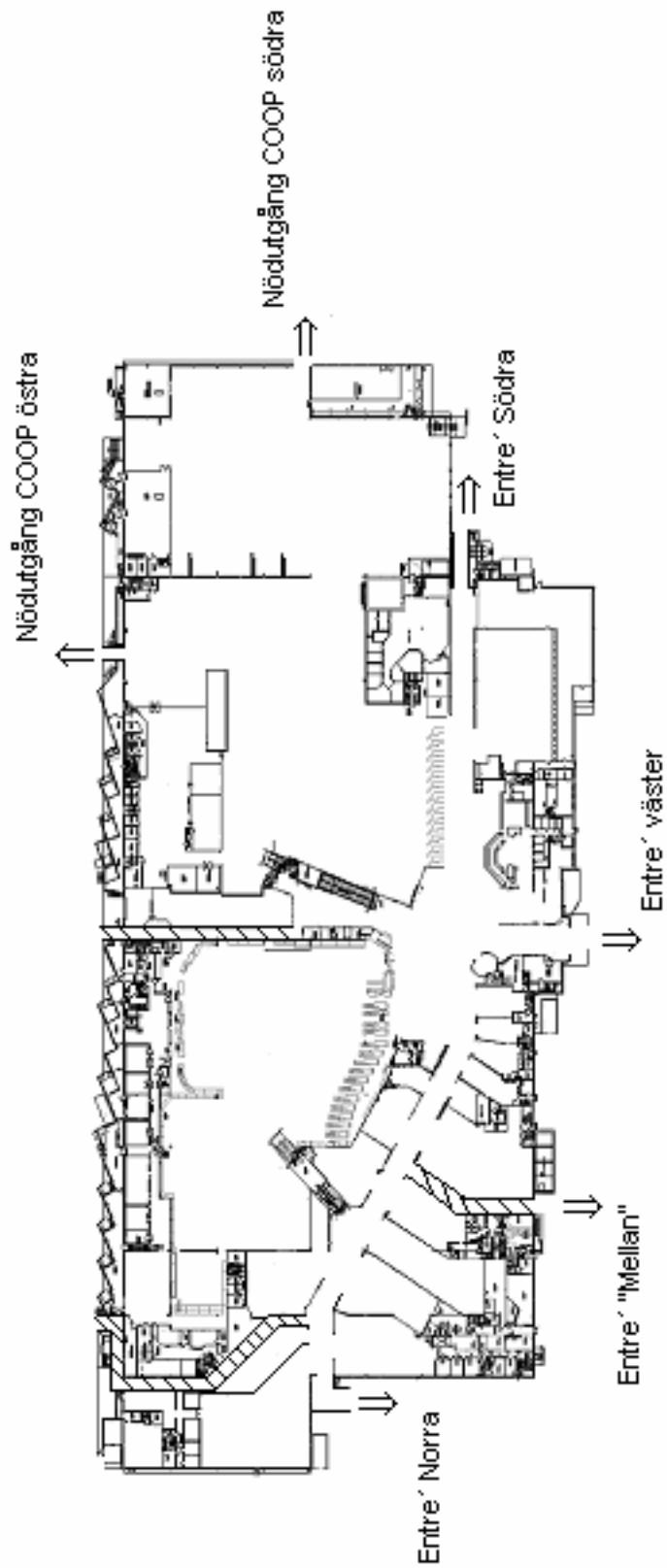
Planlösningar över övre respektive entréplan redovisas i Figur 1. respektive Figur 2

## Övreplan




Figur 1. Övre plan med markerade nödutgångar.

## Entréplan

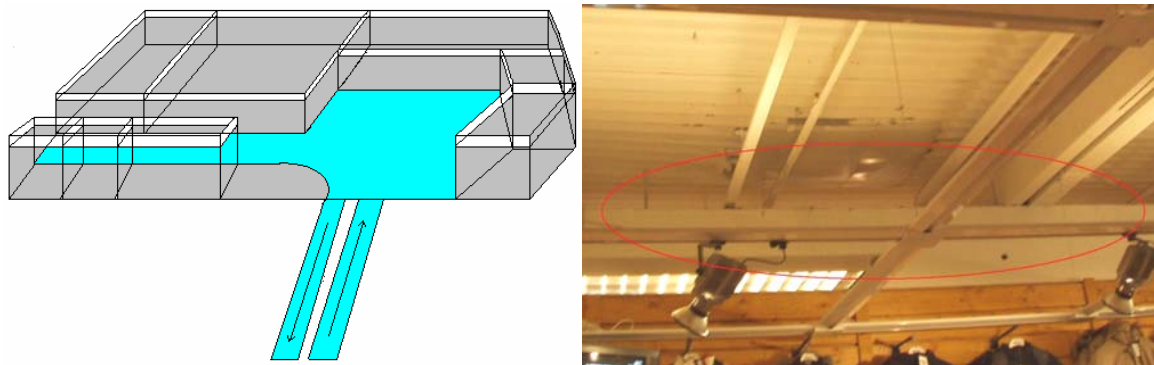


Förrutom markerade nödutgångar finns nödutgångar i bakkant av varje butik.

 = Egen brancell

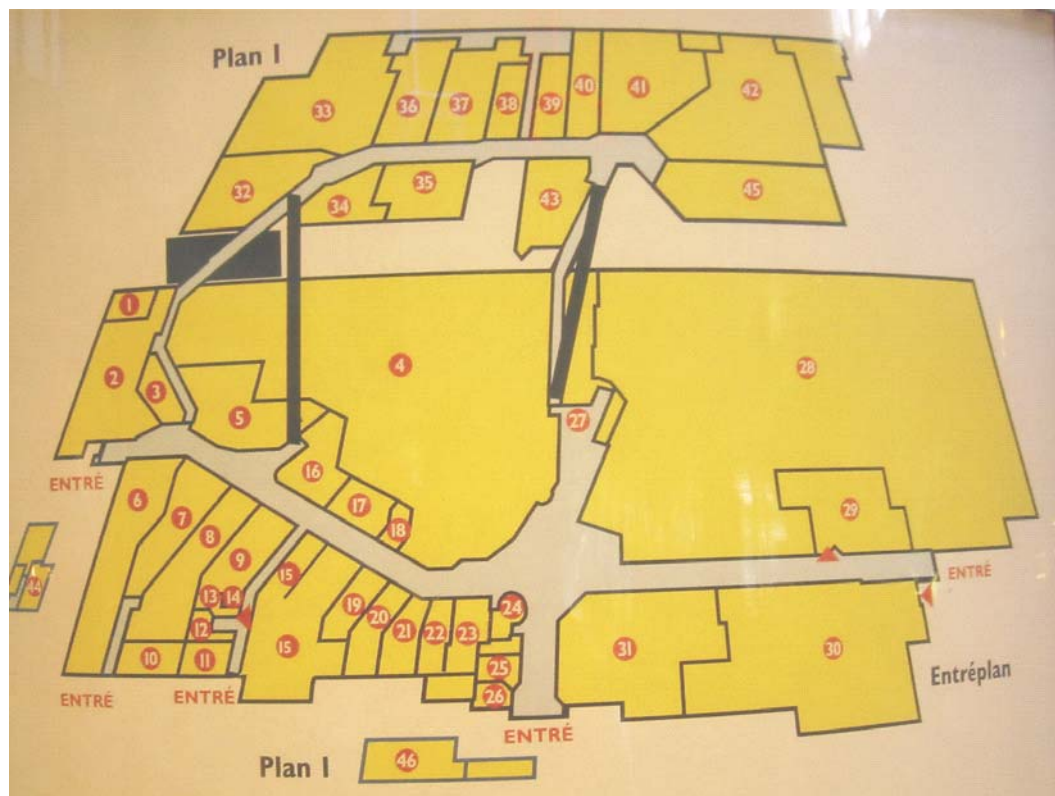
Figur 2. Entréplan med markerade entréer och nödutgångar som används vid utrymningssimuleringar. Utrymningsvägar via butikerna inte redovisade.

Figur 3 visar hur butikerna på övre plan står i öppen förbindelse med varandra i taknivå.



Figur 3. T.v. Sektionsritning södra rullbandet. T.h. Öppet i tak på Intersport.

Butikers placering i centrat, Figur 4 och Figur 5.



Figur 4. Butiksförteckning över Gränby Centrum, del ett.



Figur 5. Butiksförteckning över Gränby Centrum, del två.

## 2.4 Kunder

Huvuddelen av besökarna på Gränby Centrum utgörs av barnfamiljer med föräldrar i åldrar 35 och uppåt. Könsfördelningen uppskattas av centrats tekniska förvaltare<sup>3</sup> till 60 - 70 % kvinnor. Centrat besöks även av många äldre personer.

## 2.5 Tillbudshistorik

Man har inte haft några brandtillbud i centrat, men det har hänt att man haft inbrott ca två gånger per år de senaste tre åren<sup>1</sup>. Förövarna har i dessa fall sågat sig genom taket.

Den 8:e september 2004 hade man även ett falskt brandlarm inne på COOP. Enligt beslut av polis behövde inte hela centrat utrymmas. Utrymning sköttes istället internt på COOP med personalens hjälp, utan att centrats talade utrymningsmeddelande användes. Kunderna hjälptes till kassorna och alla hann betala. Utrymningen tog ca 20 minuter.

Den 2:a november 2004 brann en pizzeria ner i Gränby. Det framkom senare att branden var anlagd och bakom attentatet låg ett ungdomsgäng från trakten. Att detta skulle utgöra ett direkt hot mot Gränby Centrum är dock en långdragen slutsats.

<sup>1</sup> Samtal, Mats Ahlstedt.

## 2.6 Befintligt brandskydd

Det befintliga brandskyddet på Gränby Centrum redovisas, uppdelat i passiva respektive aktiva system. Främst har objektets brandskyddsdocumentation<sup>2</sup> använts som underlag, men även egna observationer och samtal med centrals tekniska förvaltare Mats Ahlstedt.

### 2.6.1 Passiva system

Gränby Centrum är huvudsakligen uppfört som en enda brandcell. Vissa delar som trapphus, utrymningskorridorer, soprum och skyddsrum utgör egna brandceller, se bilaga 1 *Befintligt Brandskydd*. Då avstånd till utrymningsvägar ofta överskrider kraven i BBR<sup>3</sup> är köpcentrat helsprinklat. På detta sätt får man förlänga avstånden med en tredjedel. Kravet på avstånden uppfylls dock inte alltid enligt brandskyddsdocumentationen, t.ex. inne på COOP. Avsteg från avståndskraven till utrymningsväg i BBR kan göras genom alternativ så kallad alternativ utformning (BBR 5.11). I brandskyddsdocumentationen ges förslag med bättre brandgasventilation och bättre genomlysta utrymnings skyltar, men att detta skulle vara tillräckligt visas inte.

Byggnaden är uppförd enligt byggnadsklass Br 1 vilket innebär att bärande konstruktioner uppfyller kravet R60 (bärande i 60 minuter vid brand). Stommen är huvudsakligen av betong, men nybyggnationerna är en kombination av betong och stålpelare. Ytskiktet för taken är utförda i de tidigare materialklass I, väggarna har ett ytskikt av lägst klass II.

### 2.6.2 Aktiva system

Nedan redogörs kort för de aktiva systemen.

#### 2.6.2.1 Sprinklersystem

Byggnaden är sprinklad med ett system utfört enligt Svenska Brandskyddsföreningens föreskrift SBF 120:5. Följande data gäller för sprinklerhuvudena

- 5 mm glasbulber (vanligast, men inte överallt)
- RTI värde på 70-90
- aktiveringstemperatur på 68 °C

Sprinklercentralen är placerad under marknivå strax utanför mellanentrén på framsidan av byggnaden och är därför tillgänglig utan att man behöver ta sig in i byggnaden. Skulle en sprinkler utlösa aktiveras brandlarmet, då sprinklern är kopplat till detta med en tryckfallssensor. I enlighet med regelverket SBF 120:5 finns såväl en elektrisk pump som en dieseldriven reservpump, utifall den elektriska av någon anledning skulle stanna. Nyligen testades sprinklersystemet skarpt då man av olyckshändelse krossade en bulb inne på COOP och sprinklern löste ut. Flödet var tillfredställande.



Figur 6. Sprinklertyper i sprinklercentralen samt installerat sprinklerhuvud.

<sup>2</sup> Brandskyddslaget, 2003-05-26

<sup>3</sup> Boverkets Byggregler, 2002.



### 2.6.2.2 Brandlarmssystem

Byggnaden är försedd med ett i huvudsak rökdetektorstyrt brandlarm med direkt överföring till Räddningstjänsten. Som nämnts ovan är även sprinklersystemet kopplat till brandlarmet. Brandlarmet styr även utrymningslarmet samt aktiverar forcering av ventilationssystemet, stannande av rullband (så att alla fyra rullband kan användas till utrymning) och vissa dörrfunktioner.

Förfarandet vid ett brandlarm är på följande sätt: brandlarmet löser ut och ett meddelande spelas upp som säger: *'Meddelande! Brandlarmet har löst ut och personalen undersöker orsaken. Avvakta annat besked'*. Räddningstjänsten larmas samtidigt automatiskt. Aktivering av utrymningsmeddelandet görs sedan av driftspersonal eller väktare om dessa bedömer att det är uppenbar fara för liv. I annat fall fattas detta beslut i samråd med Räddningstjänsten när dessa är på plats. Denna styrning sker från brandförvarstablån. Det är endast driftspersonal och Räddningstjänsten som har nycklar in dit och kan styra detta. För att se vilka utrymningsmeddelande som spelas upp se bilaga 1.

Brandförvarstablån är belägen precis då du kommit in genom dörrarna vid mellanentrén.

Inga manuella larmaktiveringsknappar finns i centralt utan aktivering kan endast göras av behörig personal från brandförvarstablån.



Figur 7. Brandförvarstablån samt rökdetektor.

### 2.6.2.3 Ventilationssystemet vid brand

Då objektet inte har någon brandcellsindelning ställs heller inget krav på att ventilationen skall vara avskiljande mellan de olika delarna i köpcentrat. Vid brand ska dock inställningarna av driften ändras något. Aggregaten styrs av brandgasdetektorer på ett sådant sätt att frånluften forceras i den del där brandgaser registrerats medan frånluften stängs i de andra delarna där istället tilluften forceras. För utförligare beskrivning av ventilationssystemet, se kapitel 2.7.

På brandförvarstablån finns tre knappar för Räddningstjänsten för att manuellt kan aktivera forcering genom frånluftsaggregaten.

Brandgasspjäll finns på ett par ställen, bland annat i ventilationskanalerna nere i sprinklercentralen. Någon ytterligare utredning av övrigt placerade brandgasspjäll har inte genomförts.

Stora delar av takytan är försedd med brandgasluckor. Även innertorg, gångstråk och glaskupoler i taket är försedda med brandgasluckor. Brandgasluckorna är inte sektionerade utan samtliga luckor öppnas då denna funktion aktiveras. Styrningen av brandgasluckorna sker manuellt från brandförvarstablån. I

brandskyddsdocumentationen<sup>4</sup> står att vid om- och nybyggnad i trapphusen skall det kompletteras med brandgasluckor i trapphusets topp, då denna för tillfället är bristfällig.



**Figur 8. Brandgaslucka.**

#### **2.6.2.4 Släckutrustning**

Inomhusbrandposter med centrumrullar är strategiskt placerade i centrals olika delar. Dessutom finns handbrandsläckare utplacerade så att det maximala avståndet till närmaste släckutrustning inte överstiger 25 meter.

### **2.6.3 Övrigt om brandskyddet**

Byggnaden är belägen så att insatstiden för Räddningstjänsten är beräknad till ungefär tio minuter.

I nuläget finns en centrumpärm i varje butik där information om utrymning, återsamlingsplats etc. finns samlat. Atrium fastigheter har anlitat en säkerhetskonsult som ska arbeta fram ett nytt system för det systematiska brandskyddet i butikerna. I och med den nya lagen, *Lagen mot skydd mot olyckor* har det systematiska brandskyddsarbetet överlåtits på ägarna själva<sup>5</sup>. För Gränby Centrum har det inneburit att fastighetsägaren har fått det yttersta ansvaret för brandsäkerheten.

Under en natt per år testas fastighetens brandskydd skarpt. En genomgående brandkontroll genomförs där sprinkler, utrymningssignaler, brandgasluckor samt ventilation testas grundligt.

Denna årliga kontroll håller på att omarbetas som en följd av den nya lagen.

Under besöket kontrollerades om de brister som påpekades i senaste besiktningssprotokollet var åtgärdade. Fullständig genomgång gjordes inte, utan endast stickprov utfördes. Tyvärr var inte bristerna åtgärdade, exempelvis saknade intersport ett skyddsskynke vid slipmaskinen.

---

<sup>4</sup> Brandskyddslaget, 2003-05-26

<sup>5</sup> Hermelin, 2004.

## 2.7 Ventilationssystemet

Detta kapitel beskriver hur ventilationssystemet är uppbyggt och kontrollerar om det tillgodoser kraven i Boverkets Byggregler (BBR).

Gränby Centrum byggdes 1971 och har sedan dess byggts om i etapper, vilket har resulterat i att även ventilationen har gjorts om under årens lopp.

### 2.7.1 Ventilationsbeskrivning

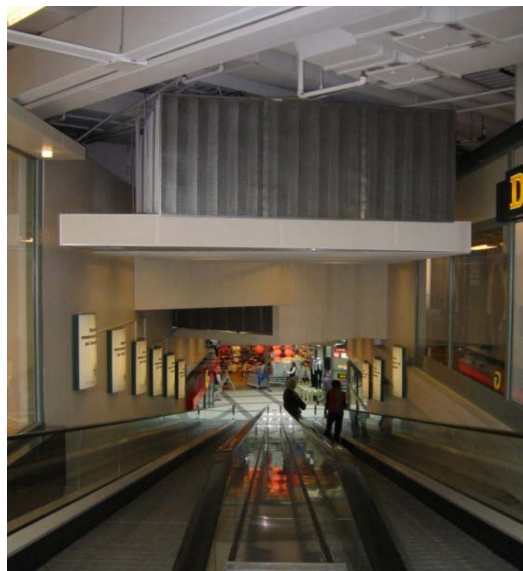
Ventilationssystemet är i stort sett av typen FTX, vilket innebär att det är ett mekanisk från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. En mer ingående beskrivning följer här.

#### 2.7.1.1 Tilluft

Luftförsörjning av köpcentrat består av nio uteluftsintag som försörjer olika sektioner av byggnaden med tilluft. Uteluften renas och värms centralt för varje uteluftsintag. Tilluften passerar fläktar som förser de olika sektionernas tilluftskanaler med tilluft. Väl inne i butikerna sprids tilluften av tilluftsdon av olika storlekar som till största delen är placerade i taket. Deplacerande don förekommer, men är sällsynta då tilluftsflödena oftast överskrider BBR:s krav på att hastigheter i vistelsezonen inte får överskrida 0,25 m/s (*BBR 6:245*). Tilluftsdonen i kontor och personalrum är ofta av deplacerande art eftersom flödena här är betydligt mindre och tillåts enligt kraven i BBR.

#### 2.7.1.2 Frånluft

Eftersom alla butiker är öppna mot gångstråken i övre samt undre plan tas endast en viss frånluft från dessa. Den huvudsakliga frånluften tas från tre stora frånluftsfläktar. Två är belägna ovanför de båda rullbanden (kapacitet på 40000 m<sup>3</sup>/h vardera) och från en är belägen i den nedre passagens norra del (kapacitet 14000 m<sup>3</sup>/h).



**Figur 9. Frånluftsfläkt vid norra rullbandet, kapacitet 40000 m<sup>3</sup>/h.**

Frånluften från de nedre butikerna, förutom Apoteket, H&M och Power, leds bort med fläktar i frånluftskanalen till en tryckkammare för kondensorelement från ICA: s samt COOP: s överskottsvärme från frys och kylsystem. Ett visst uteluftsflöde matas också in i kammaren då allt frånluftsflöde inte klarar av att ventilera kondensorelementen.

Frånluft från personalutrymmen och toaletter sker från separata frånluftskanaler som sedan går samman och förs ut genom ett avluftsutsläpp på byggnaden.

Frånluft från restauranger och kök har egna frånluftskanaler som inte förbinds med andra kanaler. De har även egna avluftsutsläpp.

### 2.7.1.3 Överluft

Ingen direkt tilluft matas till centrats olika butikslager då man här använder överluft från butikerna. Enligt BBR får luftkvaliteten vara mindre i lager vilket tillåter att överluft från butiker får användas (BBR 6:233).

### 2.7.1.4 Återluft

Matvarubutikerna COOP och ICA har egna uteluftsintag. För att dra ned på driftkostnaden sker uppvärmning med återluft till butikerna nattetid. Se bilaga 2 *Luftförsörjning* för uteluftsintag två och tre.

### 2.7.1.5 Uteluft

Redovisning av luftförsörjningssystemet som är underlag för följande kapitel finns i bilaga 2 *Luftförsörjning*.

Krav enligt BBR

6:232 *Rum skall ha kontinuerlig luftväxling. Uteluftsflödet skall vara lägst 0,35 l/s per m<sup>2</sup>. Det minsta tillåtna tilluftflöde i samlingslokaler, butikslokaler o.d. skall inte underskrida 7 l/s för varje person som samtidigt kan förväntas vistas där.*

För att uppfylla dessa krav krävs att en stor mängd uteluft tas in. Uteluft tas in via uteluftsintag som är placerade på taket.



Figur 10. Uteluftsintag.

### 2.7.1.6 Flödesberäkningar

Total publik nettoyta: 16142 m<sup>2</sup>  
Total yta: 32000 m<sup>2</sup>  
Publik nettoyta/ totalyta är 50%

Enligt BBR ska luftförsörjningen minst vara 7 l/s per person som vistas i köpcentrat. Enligt BBR ska en persondensitet på 0,5 pers/m<sup>2</sup> (publika netto yta) användas vid beräkning av minsta tillåtna luftförsörjning.

Minsta tillåtna luftförsörjning enligt BBR beräknas till  $0,5 \cdot 16142 \cdot 7 = 56497$  l/s

Total tilluft i hela varuhuset har beräknats med hjälp av flödesscheman, se bilaga 2 *Luftförsörjning*, till 91476 l/s (se bilda bilaga 2 *Luftförsörjning* flödesberäkningar). Den större delen av tilluften matas in i de publika ytorna. Den publika nettoytans andel av den totala ytan är 50 %. Att multiplicera denna andel med det totala

tilluftslödet skulle ge ett missvisande resultat, då detta flöde till mestadels sker i de publika ytorna. Vid en konservativ beräkning (75 % av tilluften tillförs den publika nettoytan) skulle det medföra att den totala mängden tilluft som tillförs de publika ytorna blir 68607 l/s.

Beräkningar ovan visar att luftförsörjningen uppfyller BBR: s krav på luftförsörjning. Vid beräkningar av luftförsörjning i centralt har inte flöden från bank samt systembolag tagits med då dessa värden saknades. Med dessa flöden skulle försörjningen öka vilket skulle visa på att luftförsörjningen är riktigt god.

## 2.7.2 Ventilationens inverkan på brand

I kapitel 4.7 ges exempel på att brand i ett tätt utrymme kan ge spridning av brandgaser via ventilationssystemet redan vid en relativt låg brandbelastning. Detta skulle medföra att de rum som matas av samma tilluftskanal riskerar att involveras i branden.

För att förse butikerna enligt krav från BBR med tillräckligt mycket tilluft krävs den med stort flöde som är placerade i takhöjd. Ett exempel är COOP: s varuhall med 46 tilluftsdon med ett totalt flöde på 36700m<sup>3</sup>/h. Vid en brand skulle dessa kyla brandgaserna och bidra till att luften blandas om och försämrar utrymningen, vilket skulle resultera i att kritiska värden uppnås tidigare. En viss kylning av sprinklerna kommer också att ske vilket resulterar i att aktiveringen av sprinklerna fördröjs.

En viktig aspekt är också var uteluftsintagen samt avluftsutsläpp är placerade. Om dessa är belägna för nära varandra resulterar detta i att brandgaserna som har förts ut genom frånluften tas in i uteluften och vidare in i tilluftssystemet. I vårt fall är detta kritiskt enbart för de från- och tilluftssystem som har värmeåtervinning. Några direkta studier på att avluftsutsläppen är placerade för nära uteluftsintagen har inte utförts. Med fel vindriktning kan det troligtvis vara så, men belägg saknas för att styrka detta.

En viss risk för brandgasspridning finns i från- och tilluftssystemens värmeåtergivning då dessa består av roterande värmeväxlare. Tättningsförmågan vid rotern är dålig vilket kan medföra brandgasspridning. Men även fläktarnas placering spelar roll. I vårt fall är tilluftsfläkten placerad före värmeväxlaren och frånluftsfläkten efter värmeväxlaren (se bilaga för uteluftsintag ett). Denna placering resulterar i att brandgasspridningsrisken reduceras men att en viss spridning sker går inte att utesluta.



### 3 Brandscenarier

I detta kapitel beskrivs hur representativa brandscenarier tagits fram samt ges en beskrivning av dessa.

#### 3.1 Val av brandscenarier

Vid analytisk dimensionering av brandskyddet i en byggnad är det vanligt att använda sig av fiktiva bränder, så kallade design fires. Dessa utgörs av ett samband mellan brandens effektutveckling och tiden. Dessa dimensionerande bränder kan vara framtagna för att efterlikna antingen det mest sannolika, värsta tänkbara eller värsta troliga brandscenariot. I detta arbete har vi valt att ta fram värsta troliga brandscenariot. Denna metodik att ta fram sannolika bränder, och se hur byggnadens brandskydds står sig mot dessa, kallas scenariemetodik.

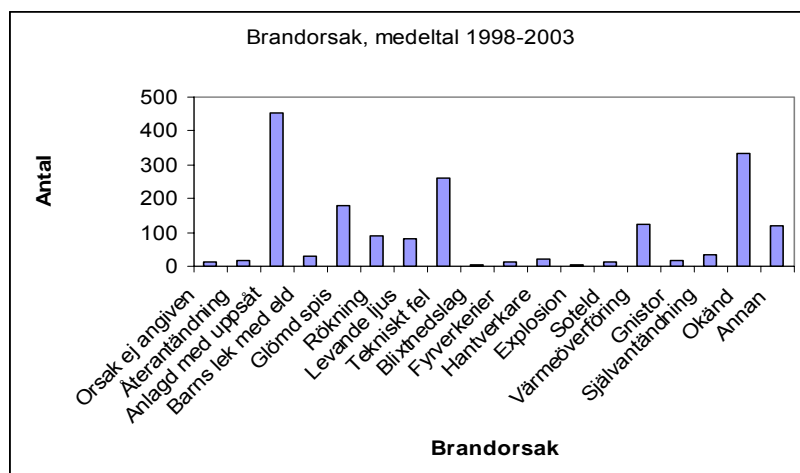
##### 3.1.1 Sannolikhet

För att påvisa hur frekvent brandtillbud uppstår inom handeln har nedanstående statistik tagits fram. Siffrorna är hämtade från räddningsverkets statistik gällande kommunala insatsrapporter<sup>6</sup>. Tabellen redovisar hur många räddningsinsatser (bränder) som förekommer i handeln per år. Här ses att under de senaste sex åren har i medeltal 234 bränder inträffat per år i Sverige och att antalet skadade normalt uppgår till ett fåtal per år.

Tabell 1. Brandtillbud inom handeln i Sverige 1997 till 2002.

År	Antal räddningsinsatser för objektstyp handel	Personskador		
		Antal döda	Antal svårt skadade	Antal lindrigt skadade
2002	227			5
2001	246			10
2000	235			9
1999	226		1	2
1998	231	2	1	9
1997	240			9

Framtagande av brandscenarier skall dock göras och till detta har vi använt statistik, även den hämtad från Räddningsverkets hemsida, som visar brandorsak i allmän byggnad över de senaste sex åren. Denna ligger till grund för valet av troliga antändningskällor.



Figur 11. Statistik över brandorsak från Räddningsverket<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> [www.srv.se](http://www.srv.se), 2004-09-14

<sup>7</sup> [www.srv.se](http://www.srv.se), 2004-09-14.

Med hänsyn till denna statistik verkar det således rimligt att välja *anlagd med uppsåt* samt *tekniskt fel* som orsaker till antändning. I fallet anlagd med uppsåt kan man tänka sig att branden startar varsomhelst i centrat, medan för tekniskt fel bör man leta efter någon teknisk anordning som inte är under konstant övervakning. Enligt efterforskningar i Australien svarar elfel för över 50% av antändningarna i allmänna lokaler<sup>8</sup>.

### 3.1.2 Konsekvens

De brandscenarier som bedöms ha värst konsekvenser är de då någon av de större entréerna, eller vägar till dessa, blockeras. Enkla simuleringar gjordes i datorprogrammet Simulex, för att beräkna vilka förflyttningsvägar som blev längst. Testerna gjordes endast med en testperson i varje butik varför effekter av eventuella fördröjningar till följd av köbildning, s.k. flaskhalsar, i utrymningsvägarna inte ingick.

Efter diskussioner mellan författare och handledare samt av resultaten av avståndssimuleringarna valdes fyra scenarier ut.

#### 3.1.2.1 Hemtex

Inne på Hemtex finns mycket brännbart material. Brand inne på Hemtex antas ge sådan brandgasutveckling att personer i gångstråket utanför hindras att passera utanför butiksöppningen. Personer på övre plan hindras utrymma via norra rullbandet då Hemtexbutiken ligger strax nedanför.

#### 3.1.2.2 Returhanteringen

Vid en brand i återvinningsstationen kan konsekvenserna bli stora (om inte sprinkler tar hand om branden i ett tidigt skede) eftersom det finns stora mängder brandfarligt material (mjukplast, trä). En brand här inne skulle också kunna tillväxa en längre tid utan att någon person ser det. Vid brand antas brandgaser flöda ut så att södra rullbanden blockeras.

#### 3.1.2.3 COOP

Brand inne på COOP får stora konsekvenser eftersom det är en lokal där mycket folk vistas samtidigt (dagligvaruhandeln har fler kunder än sällanköpsvaruhandeln). Härinne genomfördes även en enkätundersökning om kundernas troliga val av utrymningsvägar (kapitel 6.2) där slutsatsen var att folk skulle bege sig ut genom kassorna och vidare ut genom centrats huvudentréer, trots att det finns nödutgångar (se Figur 2) som de intervjuade hade mycket närmre till.

#### 3.1.2.4 Personalutrymme

De lokaler i centrat där stora skaror folk vistas är väldigt öppna. På grund av detta kommer inte något övertryck att byggas upp och brandgasspridning via ventilationssystemet blir inte aktuellt. Centrats personalutrymmen är dock generellt tätare och brandgasspridning via ventilationssystemet i ett av dessa utrymmen studeras närmre i kapitel 4.5

---

<sup>8</sup> *Fire safety in Shopping centers, 1998.*



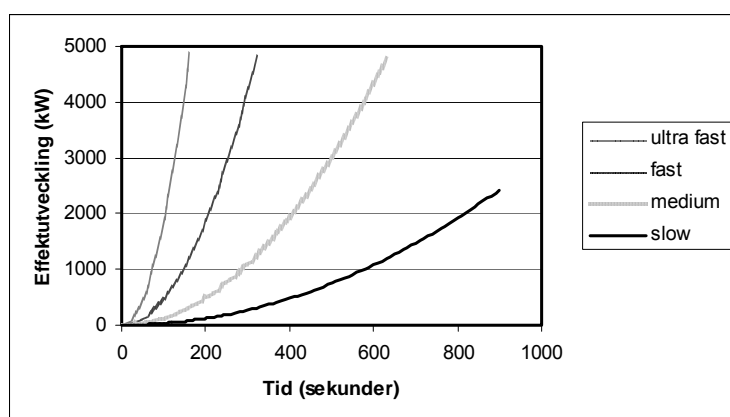
## 3.2 Brandscenariernas effektutvecklingskurvor

I denna rapport har tillväxtfasen hos alla brandeffektkurvor antagits följa det kvadratiske sambandet  $\alpha t^2$ . Detta är ett samband för en initial brandtillväxt som tagits fram för att beräkna detektionstid i detektionssystem. Sambandet ges med fyra olika konstanter.

Tabell 2. Värderna på konstanten  $\alpha$ .

Tillväxt	$\alpha$ (kW/s <sup>2</sup> )
Slow	0,0029
Medium	0,012
Fast	0,047
Ultra fast	0,19

Sambanden ser ut som följer



Figur 12. Exempel på tillväxt enligt  $\alpha t^2$ .

En svaghet med tillväxtmodellen  $\alpha t^2$  är att den endast är validerad för effekter upp till 500 kW. Jämförelser mot verkliga effektkurvor (följande hänvisningar 03/21, 04/10,11,20,21, Y3.1/13, Y3.3/57) som presenteras i rapporten *Initial fires*<sup>9</sup> visar dock att brand i trämaterial ofta tillväxer enligt sambandet  $\alpha t^2$ , någonstans mellan hastigheterna *fast* eller *ultra fast* och fortsätter att tillväxa upp emot drygt 6 MW. Härmed anses sambandet kunna användas i våra brandscenarier där effekten är högre än 500 kW. I de fall där effekten även överstiger 6 MW motiveras det med att resultatet sannolikt är konservativt och slutsatser således är på säkra sidan, då en verklig tillväxt troligen skulle ske långsammare.

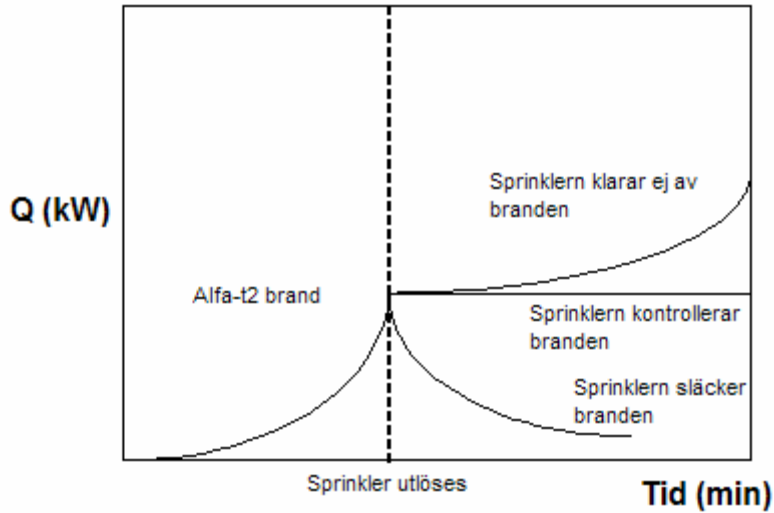
En annan nackdel är att modellen  $\alpha t^2$  inte säger något om ett materials förbrinntid. Förbrinntiden är den tid från det att en antändningskälla förs till ett material, till dess att branden tagit sig och accelererar i tillväxt. Förbrinntiden är mycket svår att förutspå och beror både på energin hos antändningskällan och på brandföremålets förmåga att antända.

Då vi dimensionerar våra brandeffektkurvor efter värsta troliga scenarier, antas förbrinntiden dock vara noll sekunder. Detta kan även motiveras med att i de fall där branden startar i offentliga lokaler och då branden är anlagd används ofta en accelerator (brandfarlig vätska) vilket gör att man kan bortse från förbrinntiden. I de av våra brandscenarier där branden startar av tekniskt haveri har det varit i dolda utrymmen eller där försök visat att materialet antänder och tillväxer snabbt. Förutsatt att inte brandgasdetektorer reagerar under förbrinntiden, spelar det således ingen roll hur förbrinntiden ser ut innan brandens verkliga tillväxt börjar. Förbrinntiden är således även i dessa fall satt till noll.

<sup>9</sup> Särqvist, 1993

### 3.2.1 Inverkan av sprinkler

Vid framtagning av dimensionerande brandeffektskurvor bör hänsyn även tas till att hela centrat är sprinklat. Exakt när aktivering av sprinklern sker, hur många sprinkler som öppnas, och hur detta påverkar branden är inte lätt att förutspå. Tre sätt att se på det är att branden antingen fortlöper, kontrolleras och hålls på en jämn nivå, eller i bästa fall släcks. Dessa tre olika utvecklingar visas nedan.



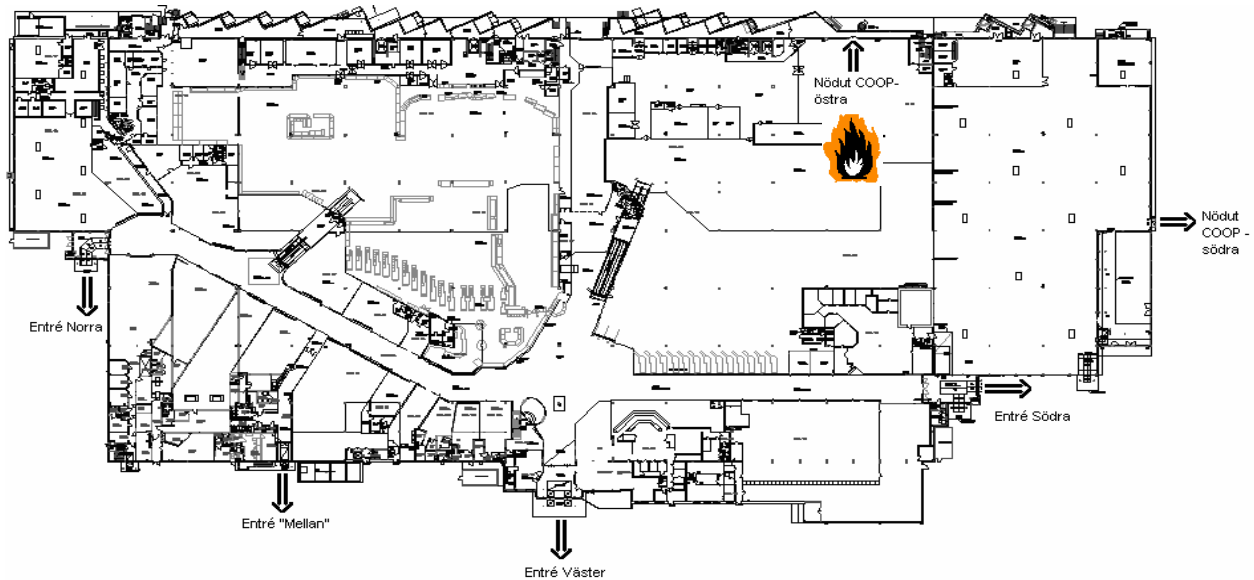
**Figur 13. Inverkan av sprinkler på brandförloppet.**

Då det är svårt att bedöma hur branden kommer att påverkas av sprinklern har alternativet valts då branden planar ut och blir konstant, eller fortsätter att växa, för att beräkningarna ska vara konservativa. I de utvalda respektive brandscenarierna beskrivs vilken effekt sprinklern antas ha på effektutvecklingen.

### 3.3 Scenario 1 – Brand COOP



Figur 14. Ingång till COOP.



Figur 15. Brandens placering i centrat.

#### 3.3.1 Brandbeskrivning

COOP är centrats största butik inom dagligvaruhandel med ett stort sortiment av varor och ett stort antal besökare. Kombinationen av butikens många varor och hyllor samt stora antal kunder med kundvagnar, skulle vid en eventuell utrymning troligtvis innebära problem.

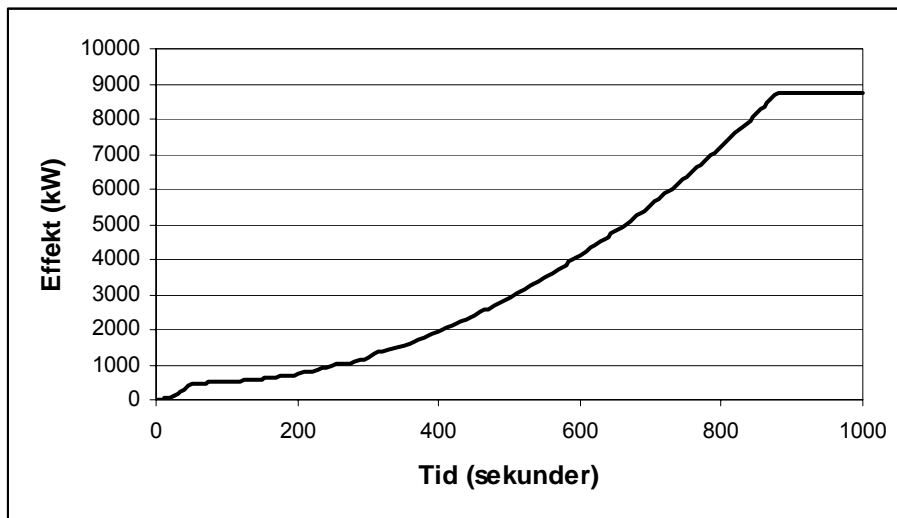
Vid en hörna i butiken förvaras en hel del s.k. tissue-papper (hushållspapper och toapapper). Pappret är staplat i butikshyllor i två till tre plan samt på lastpall intill dessa. Ett tänkt scenario är en anlagd brand där pappret antänds genom att det håll ut tändvätska under och på pappret, vilket ger en stor brandarea i ett tidigt skede. Branden antas starta innerst i utrymmet, mot lastkajen till, se Figur 15.



Figur 16. Pappersavdelningen där branden antas starta.

### 3.3.2 Effektkurva

Brandtillväxten i pappret antas växa enligt en  $\alpha t^2$ -kurva motsvarande brand i postsäckar. Effektutveckling för postsäckar anges som  $400 \text{ kW/m}^2$  (golvytan)<sup>10</sup>. Då vi dimensionerar efter ett tänkt värsta scenario med en anlagd brand där antändning sker med tändvätska, antas branden växa med en *ultrafast* tillväxthastighet i inledningen. Detta är även rekommendationen för köpcentrum<sup>11</sup>. Tändvätskan gör som tidigare nämnts att förbrinntiden är noll sekunder.



Figur 17. Effektutveckling på COOP.

I detta scenario aktiveras sprinkler redan efter 48 sekunder (bilaga 3 *Beräkning brand COOP*), men antas inte kunna kontrollera branden. Istället fortlöper branden men med en långsammare tillväxthastighet, *medium*. Branden tillåts att tillväxa på detta sätt tills dess att den når en maximal effekt på 8,8 MW efter 835 sekunder (se bilaga 3). Antagandet att branden kommer att fortsätta växa trots aktivering av sprinklern baseras på försök gjorda av försäkringsbolaget, Skandia<sup>12</sup>, där man proveldade staplar av tissue-papper. I dessa försök ramlade det papper som blivit blött av sprinklern ner, varpå nytt och torrt, brännbart papper kunde fortsätta brinna.

<sup>10</sup> Karlsson & Quintiere, 1999.

<sup>11</sup> Karlsson & Quintiere, 1999.

<sup>12</sup> Skandia, 1986.

Postsäckarna som effekten bestäms från var 1,5 meter höga. Då pappret på COOP är staplat till två meters höjd, och längs ena väggen till 3 meters höjd, måste korrigering göras för detta. Arealen av hyllplanet och lastpallarna har därför fördubblats vilket gett en fördubbling av effekten av dessa. (bilaga 3).

Dock bör reservation göras kring val av denna metod, eftersom pappret längst upp i hyllorna kommer att utsättas för en kraftigare strålning och därmed brinna snabbare än postsäckarna. Vi bortser dock från denna effekt då brandgaserna har stora ytor att breda ut sig på.

## 3.4 Scenario 2 - Brand Hemtex

### 3.4.1 Brandbeskrivning

Hemtex är centrats textilbutik och är beläget längs det norra gångstråket, strax nedanför norra rullbandet. Bland dess inventarier kan nämnas textilier, kuddar, täcken samt diverse inredningstillbehör. Brand i Hemtexbutiken försvårar utrymning genom att personer hindras att passera utanför öppningen, samt att norra rullbandet från övervåningen blockeras av brandgaserna.

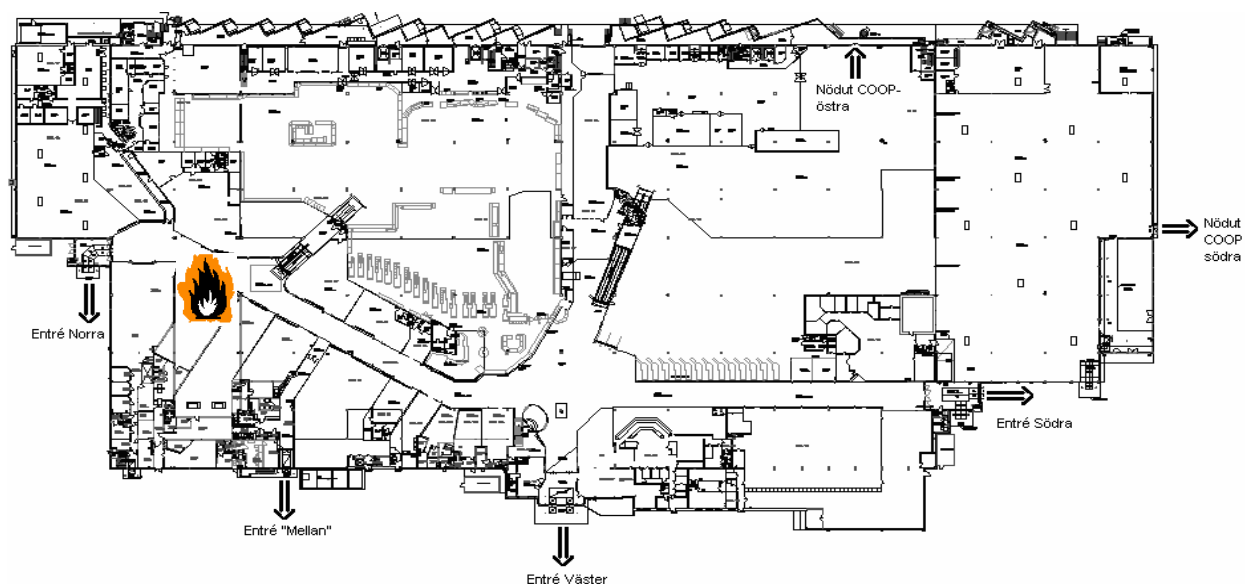


Figur 18. Hemtex sett från norra gångstråket.

Tänkbar antändningskälla är att en spotlight som trillar ner från väggen och antänder kuddar. Spotlighten är placerad vid ingången då detta ger värst effekter för utrymning av såväl butiken som övriga köpcentrat.



Figur 19. Brandens tillväxtmiljö.



Figur 20. Brandens placering i centrat.

Hela köpcentrat är sprinklat vilket kommer att påverka ett brandförlopp i Hemtex. Här studeras effektutveckling då sprinklern både dämpar branden och när den av någon anledning inte aktiveras. Då branden inte påverkas av sprinklern kommer branden att fortsätta utvecklas fram till en maximal effektutveckling. Det som avgör hur stor denna maximala effektutveckling blir är antingen tillgången på bränsle eller tillgången på syre.

Inledningen i tillväxtfasen kommer att vara lika för såväl med som utan sprinkleraktivering. Det är osäkert när övrigt material i omgivningen involveras i branden. Här antas att redan i inledningsfasen involveras övrigt material och tillväxtfasen uppskattas efter detta. Effektutvecklingen beskrivs med hjälp av en  $\alpha^2$  kurva och  $\alpha$ -värdet är uppskattat till *fast* dvs.  $0,047 \text{ kW/s}^2$ . Ett *fast* värde överensstämmer bra med försök som gjorts med kuddar<sup>13</sup>. Beräkningar för nedanstående resonemang finns i bilaga 4 *Beräkning brand Hemtex*, här presenteras bara beräknade resultat.

En ventilationskontrollerad brand ger enligt formeln  $\dot{Q}_{\max} = 1500 \cdot A_v \cdot \sqrt{h_v}$ <sup>14</sup> en maximal effektutveckling på 26 MW. Denna beräkning bygger på att allt syre som strömmar in i lokalen förbrukas i förbränningen. Detta stämmer inte helt överens med verkligheten och medför att effektutvecklingen antar ett något lägre värde, även om detta värde fortfarande är väldigt stort. Dock har fullskaleexperiment genomförts vid Scientific Services Laboratories (SSL) i Port Melbourne<sup>15</sup>. Dessa experiment var designade så att de på bästa sätt skulle överensstämma med en brand i ett köpcentrum. En osprinklad brand i en leksaksaffär gav en maxeffekt på 25 MW medan en osprinklad brand i en skoaffär gav 40 MW. Med detta som belägg ligger den värsta tänkbara effektutvecklingen på 26 MW inom samma storleksordning som genomförda experiment.

Tid då sprinkler aktiveras har tagits fram med hjälp av datorprogrammet Detact-T2<sup>16</sup>. I programmet anges data kring sprinklertyp och geometrier. Detta redovisas i bilaga 4. Med denna tid kan man beräkna brandbelastningen genom sambandet  $Q = \alpha \cdot t^2$ . När maxeffekten uppnåtts antas effekten bli konstant. Tiden det tar för sprinklern att aktiveras har beräknats till 148 sekunder, vilket ger en maximal brandbelastning på 1,5 MW.

<sup>13</sup> *SFPE Handbook, Babrauskas, 1988.*

<sup>14</sup> *Brandteknik, 2002.*

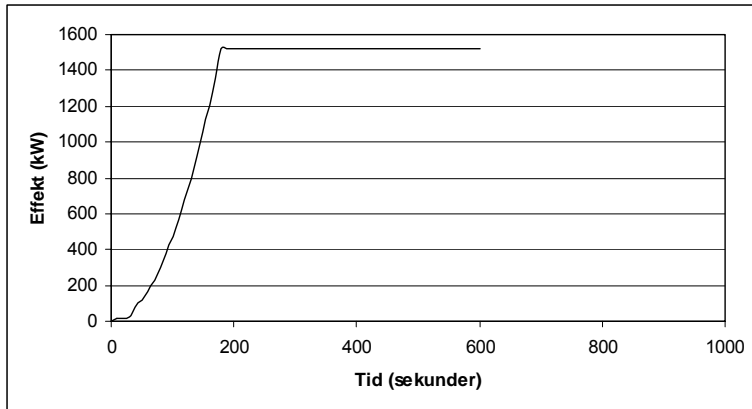
<sup>15</sup> *Fire safety in shopping centers, 1998.*

<sup>16</sup> *Storup, 1985*

### 3.4.2 Effektkurvor

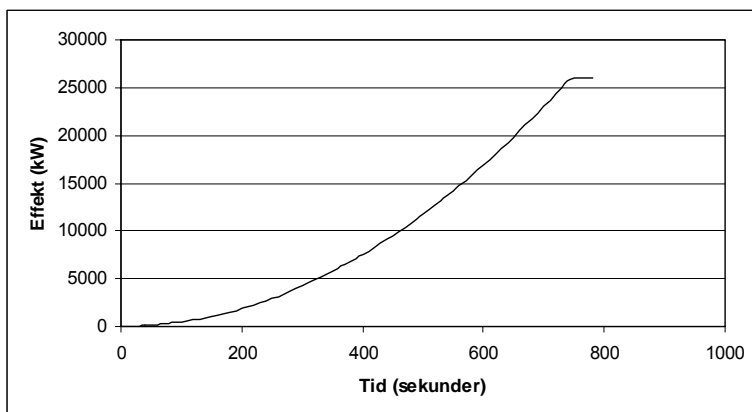
Effektkurvorna nedan visar tillväxtfasen för kuddar, både när sprinkler dämpar branden och när sprinkler inte aktiveras. Inledningsfasen av kurvorna är hämtade direkt från experiment. Denna byggs dock snabbt på utav en *fast* tillväxt. Antingen begränsas effektutvecklingen av sprinkler aktivering och ger det konstanta värdet 1,5 MW. Eller i fallet då inte sprinkler inte aktiveras tillåts branden växa till en maximal effektutveckling på 26 MW.

#### 3.4.2.1 Sprinklern kontrollerar branden



Figur 21. Effektkurva för Hemtex under inverkan av sprinkler.

#### 3.4.2.2 Sprinklern kontrollerar inte branden



Figur 22. Effektkurva för Hemtex utan sprinklerinverkan.



## 3.5 Scenario 3 - Brand i returhanteringen

### 3.5.1 Brandbeskrivning

Inne i returhanteringen finns mycket brännbart material. Bland annat förvarar man där PET-flaskor (polyetylentereftalatplast), lastpallar av trä samt aluminiumburkar. Utrymmet töms dagligen, men innehåller emellanåt stora mängder (en vanlig dag 210 kg PET och 130 lastpallar<sup>17</sup>) av dessa material. Bränslet anses därför inte sätta någon begränsning för brandens fortlöpande.

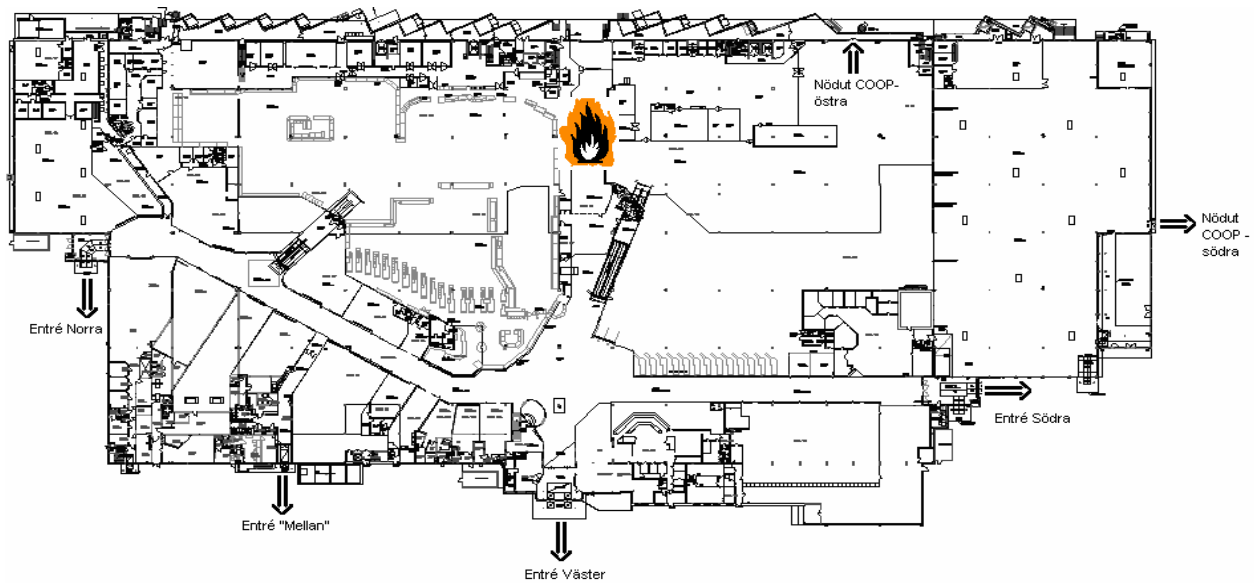


Figur 23. Utanför returhanteringen.



Figur 24. Uppställning av brännbart material. Lastpallar staplade 3 meter högt.

<sup>17</sup> Samtal, Fredrik Dohan



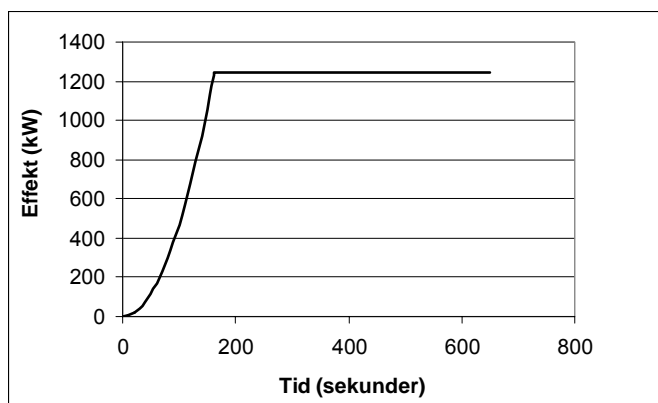
Figur 25. Brandens placering i centrat.

I lokalen finns både sprinkler- och brandgasdetektorsystem som kommer att påverka brandens utveckling och personers varseblivningstid vid utrymning. Då hänsyn bör tas<sup>18</sup> till sprinklerna i lokalen, räknas här på två brandscenarier. Där sprinklern aktiverar och kontrollerar branden, samt där sprinklerna inte alls aktiverar, eller av annan anledning inte förmår dämpa brandens utveckling. En anledning skulle kunna vara att sprinklern är skyddad bakom en allt för hög stapel av lastpallar.

### 3.5.2 Effektkurvor

#### 3.5.2.1 Sprinkler kontrollerar branden

I detta scenario antas branden starta vid transportbanden bakom träpallarna, figur 24, p.g.a. maskinhaveri. Personal som vanligen vistas i lokalen är frånvarande, och dörr ut mot centrat står på glänt vilket ger syre till branden och får brandgaser att så småningom tränga ut. Branden antas tillväxa enligt tillväxtmodellen  $at^2$  och med tillväxthastigheten *fast*<sup>19</sup> upp till dess att sprinklern går igång vilket antas göra att effektutvecklingen därefter håller sig konstant. Tid till aktivering av sprinkler beräknas med programmet Detact-T2. Beräkningar redovisas i bilaga 5 *Beräkning brand returhanteringen*.



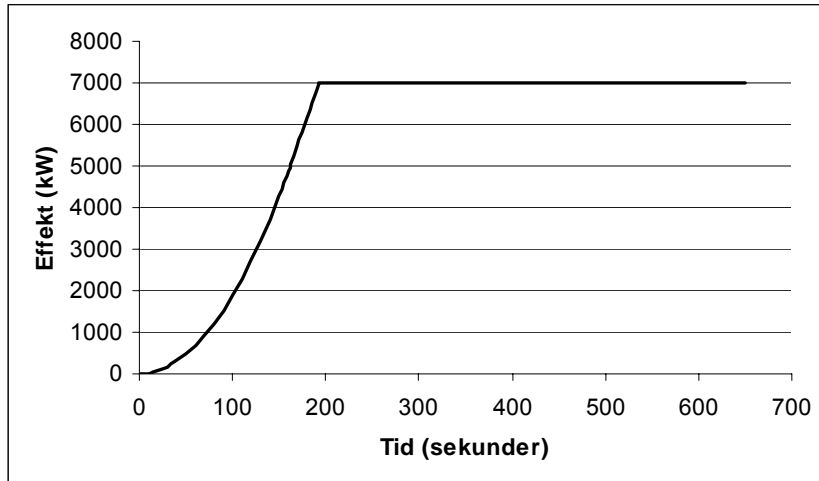
Figur 26. Samband effektutveckling och tid för sprinklerkontrollerad brand.

<sup>18</sup> *Fire safety in shopping centers, 1998.*

<sup>19</sup> *Karlsson & Quintiere, 1999.*

### 3.5.2.2 Sprinkler kontrollerar inte branden

I detta fall antas sprinklern inte kunna kontrollera branden. Antändningskälla är på samma sätt maskinhaveri längs transportbanden, men istället antänds PET-flaskor, vars brandplymer sedan sprider sig till lastpallarna, och når där en maximal effektutveckling på 7 MW<sup>20</sup>. Tillväxthastigheten i plastflaskorna antas vara *ultra fast*. Man skulle kunna tänka sig att tillväxten blir ännu större då återstrålning från ansamlade brandgaser i taket påverkar materialets massavbränning. Effekten av denna återstrålning är dock svår att uppskatta och antas därför vara noll p.g.a. viss inverkan av sprinkler. För att kontrollera om branden kan fortlöpa med så hög effektutveckling under en längre tid har handberäkningar gjorts i bilaga 5 på brandens syrebehov. Resultatet blir att branden så småningom kommer att bli ventilationskontrollerad.



Figur 27. Samband effektutveckling och tid för brand inte kontrollerad av sprinklern.

<sup>20</sup> Brandteknik LTH, 2002.

### 3.6 Scenario 4 – brand i personalutrymme

För detta scenario görs inga utförligare utredningar gällande brandens utveckling. I kapitlet **Error! Reference source not found.** *Simulering personalutrymme* görs istället en beskrivning över hur en brand skulle kunna utvecklas, och om brandgasspridning i så fall skulle kunna ske via ventilationssystemet.

## 4 Simulering av brandförlopp

*I detta kapitel presenteras hur de fyra utvalda brandscenarierna modellerats samt vilka resultat som erhållits. Det modelleringsverktyg som använts är CFAST (FAST V3.17, NIST 2001).*

### 4.1 Allmänt om och begränsningar med CFAST och zonmodeller

CFAST bygger på att rummet delas in i en övre varm brandgasfylld zon och en undre brandgasfri zon, det är alltså en så kallad tvåzonsmodell. I tvåzonsmodeller är det främst i den övre zonen som kritiska förhållanden uppstår med förhöjd temperatur, nedsatt sikt och toxiska gaser.

Ekvationer för massa och energi sätts upp och löses för de båda zonerna med hänsyn till tiden. Masstransporten sker via en plymregion - i CFAST är det McCaffreys plymmodell som används. En av approximationerna med tvåzonsmodellen är att allt antas ske homogent över zonerna, t.ex. temperaturökning i brandgaser antas ske momentant i hela zonen. Zonen har alltså samma temperatur. Detta gäller dock inte för en verklig brand. Direktverkan mellan branden och öppningar tas inte heller med i beräkningarna. Masstransporten i plymregionen tar ingen tid, detta gör att ett brandgaslager byggs upp i samma ögonblick som branden startar.

Indata som anges är ursprungstemperatur, rumsgeometrier, d.v.s. längd, bredd och höjd, men även öppningar som fönster och dörrar. Hur effektkurvan ser ut kan specificeras och så även en rad andra inparametrar. Tvåzonsmodellerna är giltiga för relativt kubiska rum. Förhållandet längd, bredd och höjd bör helst understiga tre. Många experiment har genomförts för att ta reda på tvåzonsmodellernas tillförlitlighet, där man jämfört dessa värden med beräknade värden<sup>21</sup>. Experiment utfördes i både stora och små rum och ett flertal olika angränsande rumskonfigurationer testades. Resultaten pekar på en jämförelsevis hög trovärdighet, både för brandrummet och för de angränsande rummen inom samma våningsplan.

En av tvåzonsmodellens stora begränsningar är att brandens storlek måste vara lämplig i förhållande till rummets storlek och geometri. Exempelvis behöver inte en svag brand i ett stort utrymme resultera i en tvåzonskiktning eftersom stigkrafterna i brandgaserna inte räcker till för få upp brandgaserna till taket. På samma sätt gäller inte alltid en tvåzonskiktning för en stor brand i ett litet utrymme, då brandgasernas stigkraft gör att en omblandning sker. Det är även svårt att simulera bränder i lokaler med stor golvyta i relation till rumshöjd.

Tvåzonsmodellerna antar att brandgaserna sprids momentant under hela takytan, medan de i verkligheten kanske kyls ned så mycket så att de stannar i angränsade utrymme. Tvåzonsmodellen fungerar dåligt för plan belägna ovanför brandplanet. Om en sprinkler aktiveras kommer tvåzonsmodellen inte längre vara en bra approximation. Ofta kan dock tvåzonsmodellen gälla utanför det sprinklade området. Det finns studier som visar på att sprinklern enbart påverkar brandgaslagret nära branden. Begränsningen till antalet rum för att erhålla tillförlitlig data ligger på tre till fyra rum. Beräkningarna gäller bara fram till övertändning, därefter är tvåzonsmodellen inte längre tillförlitlig.

### 4.2 Kritiska förhållanden

Vid dimensionering av utrymning skall kritiska förhållanden beaktas. Dessa gränsvärden omfattar nedanstående punkter. Data är hämtad från brandskyddshandboken<sup>22</sup>.

- Siktbarhet
- Brandgaslagrets höjd
- Värmestrålning
- Temperatur
- Giftiga gaser

#### 4.2.1 Siktbarhet

Sikten vid utrymning får inte underskrida en obskura, vilket motsvarar tio meter. Detta kriterie är endast relevant i brandgaslagrat om man har en tydlig skiktning.

---

<sup>21</sup> Brandteknik LTH, 2002

<sup>22</sup> Brandteknik, LTH, 2002.

#### 4.2.2 Brandgaslagrets höjd

Brandgaslagrets höjd ovanför golvet får inte vara mer än  $1,6 + (0,1 \cdot H)$  meter, där H är rumshöjden.

#### 4.2.3 Värmestrålning

En kortvarig strålningssintensitet kan under kortare stunder accepteras till  $10 \text{ kW/m}^2$ , men under en längre utrymningstid (tio minuter) rekommenderas ett gränsvärde på  $2,5 \text{ kW/m}^2$ .

#### 4.2.4 Temperatur

Temperaturen får inte överskrida  $80^\circ\text{C}$ .

#### 4.2.5 Giftiga gaser

Giftiga toxiska, gaser bildas vid bränder. Beroende av vad som brinner bildas mer eller mindre av de giftiga ämnena CO och  $\text{CO}_2$  som hör till de vanligaste. Gränsvärdena för dessa är 2000 ppm respektive 5000 ppm. Syre koncentrationen får heller inte understiga 15 %.

Koncentrationerna av CO och  $\text{CO}_2$  är främst förknippade med brandgadlagret då man har en tydlig skiktning.

### 4.3 Känslighetsanalys

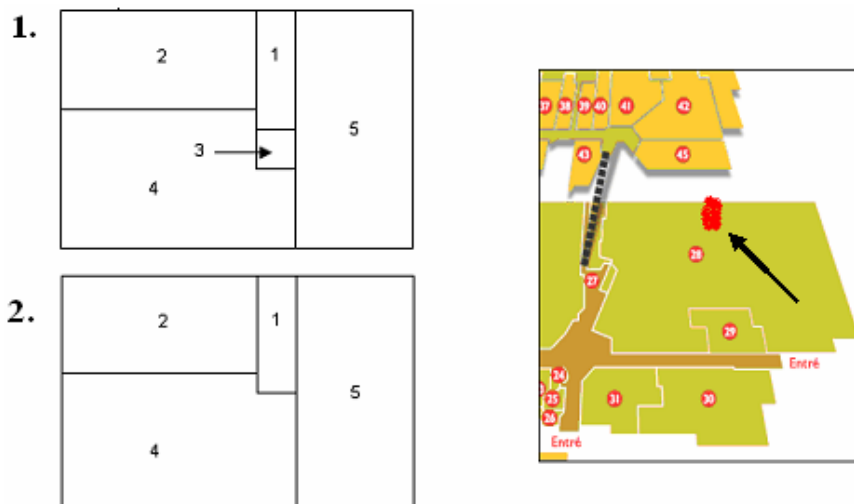
För att se hur en variation av de viktigaste ingångsparametrarna i våra scenarier påverkar slutresultatet har en känslighetsanalys genomförts för varje scenario. Genomförda känslighetsanalyser redovisas i bilagor för respektive brandscenario. Resultatet av analysen är invävda som diskussion under resultaten från simuleringarna av de respektive brandscenerierna.

## 4.4 Simulering COOP

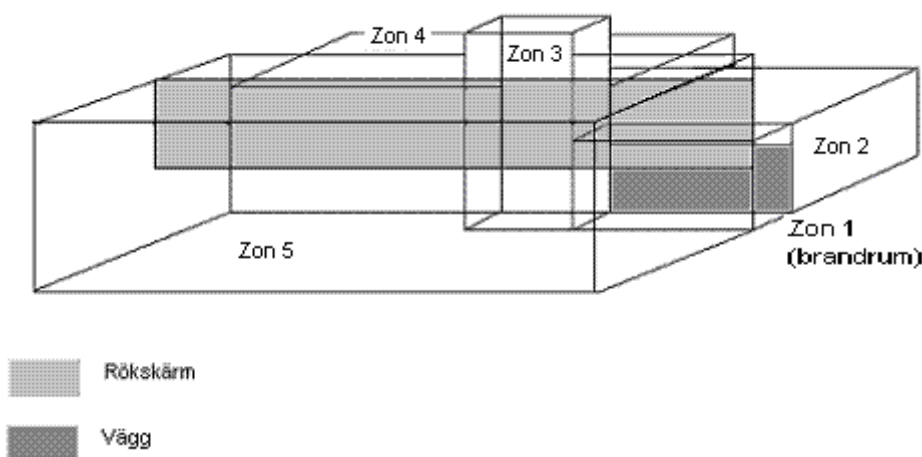
COOP utgör ett stort område av Gränby Centrum där en eventuell brand och utrymning skulle innebära mycket folk i rörelse. Simuleringar med CFAST av brandscenarier har genomförts för att titta på branden och dess effekter vid utrymning innan kritiska förhållanden uppstår. I och med att COOP har komplex tak- och rumsgeometri har tre olika simuleringar med olika zonindelningar och öppningar, utförts för att kunna jämföra olika resultat och dra slutsatser efter förhållandena för personer inne i butiken.

### 4.4.1 Antaganden/förenklingar och indata för COOP

Den brand som används bygger på den effektutvecklingskurva som togs fram i kapitel 3.3.



Figur 28. Skiss över zonindelningen i CFAST vid de tre scenarierna samt planskiss över COOP och brandens placering.



Figur 29. Zonindelning i CFAST vid simulering av brand på COOP, visad söderifrån.

Brandrummet utgörs av zon ett och spridning av brandgaser sker utifrån denna zon i olika höjder till de angränsade rummen. Mellan zon 5 och övriga zoner sitter en röskärm som går ner en och en halv meter från taket. Öppningen från zon ett till zon två utgörs av en glipa mellan ställage och takbalk på 1,5 meter. I övrigt utgörs öppningarna av takhöjden.

För rumsgeometri 1 har COOP indelats i fem zoner som på bästa möjliga sätt beskriver takytans geometri. Inga öppningar har simulerats till angränsande utrymnen.

I rumsgeometri 2 har den tredje zonen raderats och takytan för rum 4 och 5 utgörs av en gemensam takhöjd, detta för att antalet rum minskas och därmed reducera osäkerheter. Det har utförts två simuleringar på denna rumsgeometri. Både med och utan öppningar till angränsande utrymmen.

**Tabell 3. Indata för simulering i CFAST för zonindelning 1, utan öppningar till angränsande utrymmen.**

	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 5
Golvmaterial	Betong	-	-	-	-
Väggmaterial	Betong	-	-	-	-
Takmaterial	Betong	-	-	-	-
Lokalens golvyta	80 m <sup>2</sup>	432 m <sup>2</sup>	48 m <sup>2</sup>	768 m <sup>2</sup>	1008 m <sup>2</sup>
Rumshöjd	4,5 m	4,5 m	9,6 m	5,9 m	6,4 m
Brandrum	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
Öppningar mot angränsande rum	Till 2, 3, 5 68 m <sup>2</sup>	Till 1, 4 95 m <sup>2</sup>	Till 1, 4, 5 234 m <sup>2</sup>	Till 5 106m <sup>2</sup>	Till 1, 3, 4 215 m <sup>2</sup>
Öppningar ut	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Dim brand	at <sup>2</sup>	-	-	-	-
Maximal effekt	8,8 MW	-	-	-	-
Simulerad tid	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min

**Tabell 4. Indata för simulering i CFAST för zonsindelning 2 utan öppningar till angränsande utrymmen.**

	Zon 1	Zon 2	Zon 4	Zon 5
Golvmaterial	Betong	-	-	-
Väggmaterial	Betong	-	-	-
Takmaterial	Betong	-	-	-
Lokalens golvyta	80 m <sup>2</sup>	432 m <sup>2</sup>	816 m <sup>2</sup>	1008 m <sup>2</sup>
Rumshöjd	4,5 m	4,5 m	6 m	6 m
Brandrum	Ja	Nej	Nej	Nej
Öppningar mot angränsande rum	Till 2, 4, 5 68 m <sup>2</sup>	Till 4 95 m <sup>2</sup>	Till 1, 2, 5 287 m <sup>2</sup>	Till 1,4 212 m <sup>2</sup>
Öppningar ut	Nej	Nej	Nej	Nej
Dim brand	at <sup>2</sup>	-	-	-
Maximal effekt	8,8 MW	-	-	-
Simulerad tid	20 min	20 min	20 min	20 min

**Tabell 5. Indata för simulering i CFAST för zonindelning 2 med öppningar till angränsande utrymmen.**

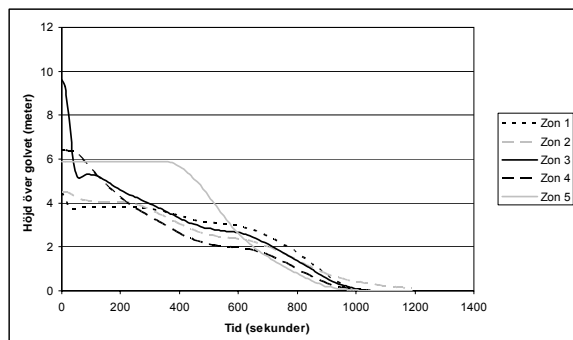
	Zon 1	Zon 2	Zon 4	Zon 5
Golvmaterial	Betong	-	-	-
Väggmaterial	Betong	-	-	-
Takmaterial	Betong	-	-	-
Lokalens golvyta	80 m <sup>2</sup>	432 m <sup>2</sup>	816 m <sup>2</sup>	1008 m <sup>2</sup>
Rumshöjd	4,5 m	4,5 m	6 m	6 m
Brandrum	Ja	Nej	Nej	Nej
Öppningar mot angränsande rum	Till 2, 4, 5 68 m <sup>2</sup>	Till 4 95 m <sup>2</sup>	Till 1, 2, 5 287 m <sup>2</sup>	Till 1,4 212 m <sup>2</sup>
Öppningar ut	Nej	Nej	Ja, 28m <sup>2</sup>	Ja, 16m <sup>2</sup>
Dim brand	at <sup>2</sup>	-	-	-
Maximal effekt	8,8 MW	-	-	-
Simulerad tid	20 min	20 min	20 min	20 min



## 4.4.2 Resultat

De primära parametrarna för kritiska förhållanden är brandgaslagrets höjd och strålning mot golv. Sikt och gasernas toxicitet spelar främst roll då personer vistas i brandgaslagret. Alltså måste brandgaslagret ha sjunkit till kritisk nivå först. Kritiskt värde för brandgaslagrets höjd inne på COOP varierar med de olika takhöjderna och redovisas i samband med resultat nedan.

### 4.4.2.1 Zonindelning 1



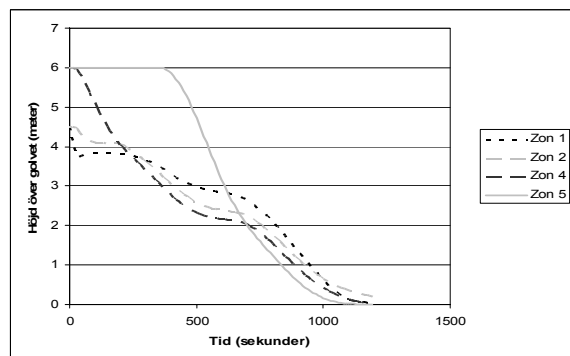
Figur 30. Brandgaslagrets höjd över golvet för samtliga zoner.

I tabellen nedan redovisas kritiskhöjd på brandgaslagret för de olika zonerna samt tiden det tar för brandgaslagret att sjunka till denna nivå. Att det tar längst tid för brandgaslagret att sjunka i brandrummet beror troligen på att brandgaserna är varmast här och har därmed större termisk stigningskraft.

Tabell 6. Tid till kritiska förhållanden inträffar m.a.p. brandgaslagrets höjd.

Zon	1	2	3	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,6	2,2	2,2
Tid (min)	13	12	11	8	11

### 4.4.2.2 Zonindelning 2 utan öppningar till angränsande utrymme



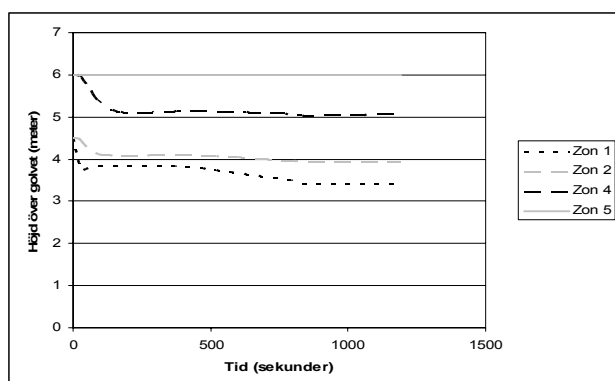
Figur 31. Brandgaslagrets höjd.

I tabellen nedan redovisas kritiskhöjd på brandgaslagret för de olika zonerna samt tiden det tar för brandgaslagret att sjunka till denna nivå.

Tabell 7. Tid till kritiska förhållanden inträffar m.a.p. brandgaslagrets höjd.

Zon	1	2	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,2	2,2
Tid (min)	13	12	9	11

#### 4.4.2.3 Zonindelning 2 med öppningar till angränsande utrymme



Figur 32. Brandgaslagrets höjd.

I detta scenario uppstår ingen kritisk höjd för brandgaslagret.

#### 4.4.3 Slutsats

Tabellen nedan visar tider till kritiska förhållanden med avseende på det kriteriet som först uppfylls. Genomförd känslighetsanalys i bilaga 6, visar att värdena är rimliga. Störst variation på kritiska förhållanden fås av hur zonindelningen görs. Då det är svårt att bedöma exakt vilken modell som bäst representerar verkligheten, görs bedömningen att en kritisk tid på åtta till nio minuter vid en så omfattande brand anses rimlig att kontrollera utrymningen mot.

Tabell 8. Slutsats COOP.

Kriterier	Krav BBR	COOP zon-indelning 1	COOP zon-indelning 2 utan öppningar	COOP zon-indelning 2 med öppningar	Tid (min)
Brandgaslagrets höjd ovan golv	2,2 m	2,2 m	2,2 m	>3,4 m	8 resp 9
Temperatur i vistelse zonen	<80 °C	-	-	-	-
Strålning från brandgaslagret	<2,5 kW/m <sup>2</sup>	<0,6 kW/m <sup>2</sup>	<0,65 kW/m <sup>2</sup>	<0,35 kW/m <sup>2</sup>	-
Toxicitet	2000 ppm CO, 4000ppm CO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Sikt	1 obscura	-	-	-	-

## 4.5 Simulering Hemtex

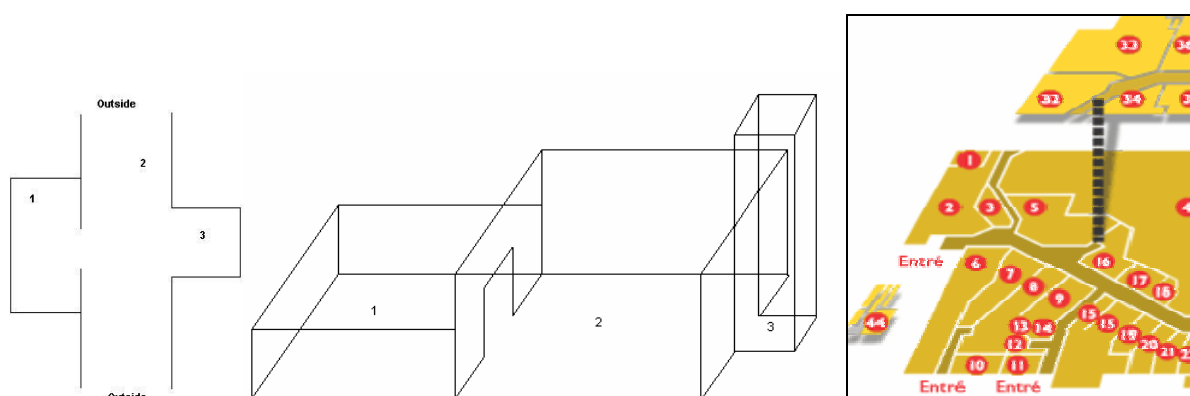
Syftet med denna simulering är att undersöka om kritiska förhållanden uppstår vid utrymning då vi har en brand i Hemtex. Dels utvärderas situationen inne på Hemtex, dels angränsande utrymmen. Det som är viktigt är att se hur angränsande områden påverkas av en brand i Hemtex då själva utrymningen från Hemtex går relativt snabbt p.g.a. god överblickbarhet och liten yta. Det är i de angränsande utrymmena som eventuella problem uppstår.

### 4.5.1 Antaganden/förenklingar och indata för Hemtex

Simuleringarna i CFAST bygger på de två effektutvecklingskurvor som tagits fram för Hemtexbutikens (kapitel 3.4). Det var dels en sprinklerkontrollerad brand med en *fast* tillväxt och med maxeffekt på 1,5 MW. Det andra scenariot är när sprinklern inte aktiveras, vilket leder till övertändning av Hemtexbutikens med en *fast* tillväxt med en maxeffekt på 26 MW. Tyngdpunkten ligger här på den sprinklerkontrollerade branden eftersom detta anses som det värst troliga scenariot.

I båda fallen kommer brandgaserna fylla taket ned till entrén på Hemtex för att sedan spridas ut längs taket i gångstråket utanför. Brandgasernas termiska stigningskraft i kombination med frånluftsfläkten uppe i taket vid rullbanden, kommer troligen att styra upp brandgaserna mot övre planet ganska omedelbart. Detta innebär att passage utanför Hemtex spärras liksom det norra rullbandet. Detta nyttjas i utrymningssimuleringarna.

I butiksöversikten i figur 33, är Hemtex markerad som ”7”. Här redovisas även geometrin samt hur zonindelningen är utförd i CFAST. Zon 3 symboliserar här rullbanden upp till andra våningen. Analys av kritiska värden görs ej i zon 3 utan denne fungerar endast som transportutrymme för brandgaserna till andra våningen. I zon 3 befinner sig också den ovan nämnda frånluftsfläkten.



Figur 33. Zonsindelning i CFAST för brandscenario Hemtex samt del av planskiss över Gränby Centrum som visar Hemtex som butik sju.

Tabell 9. Indata för brandscenario Hemtex.

	Zon 1	Zon 2	Zon 3
Golvmaterial	Betong	-	-
Väggmaterial	Gips	-	-
Takmaterial	Isolerings skivor	-	-
Lokalens totala golvyta	70 m <sup>2</sup>	120 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>
Rumshöjd	3.43 m	6.5 m	9.8 m
Brandrum	Ja	Nej	Nej
Luckor i tak	Nej	Nej	Nej
Öppningar mot angränsande rum	Till zon 2 (4.8 x 2.36)m	Till zon 3 (4 x 6.5) m	-
Öppningar ut	Nej	Ja 2 st (4 x 6.5) m	Nej
Dim. Brand	$\alpha^2$ brand	-	-
Maximal effekt	1.5 MW	-	-
Simulerad tid	20 minuter	20 minuter	20 minuter

Golvytan för zon 1 har mätts upp. För zon 2 har vi med hjälp av kort från besöket och planskiss lokaliserat det område som troligtvis kommer att fyllas innan brandgaserna når rullbanden. Området begränsas av takgeometrin som gör att brandgaserna styrs mot rullbanden.

## 4.5.2 Resultat

De resultat som är mest intressanta är tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår i passagen utanför Hemtex, samt tiden som det tar inne på Hemtex redovisas som referens då simuleringen här ger ett relativt säkert värde. Då tillförlitligheten hos tvåzonsmodeller begränsas vid stora volymer och då byggnadens geometri är så komplex, är det därför svårt att utvärdera dessa resultat från området utanför Hemtex. Vid utrymning kommer dock människor troligen röra sig bort från brandgaserna och inte gärna passera förbi området där dessa kommer ifrån. Det är detta resonemang i kombination med nedanstående resultat som styrker att passagen och rullbanden blir oanvändbara vid en utrymningssituation.

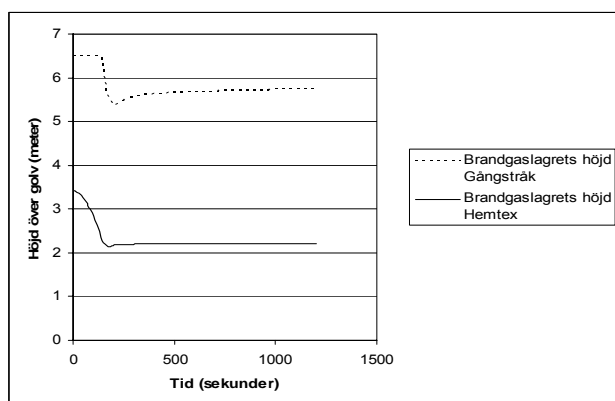
Dessutom är även intressant att se hur stort massflöde som kommer in i zon 3 eftersom det är detta massflöde som sedan kommer upp till andra våningen. Fläkten som är placerad i zon 3 kommer troligen att ta upp en viss del av brandgaserna.

Vid värdering av kritiska förhållanden bör siktbarhet, värmestrålning, temperatur och giftiga gaser beaktas. Toxicitet och sikt är i ett väldefinierat brandgaslager främst begränsande i det övre lagret. Härav kontrolleras brandgaslagrets höjd först. Inne i Hemtexbutiken är kritisk höjd 1,94 meter. Även om brandgaserna inte kommer ner till denna nivå kan temperaturen i brandgaslaget vara så hög att värmestrålningen från detta gör att kritiska förhållanden överskrids.

### 4.5.2.1 Med sprinkler

Först analyseras fallet då sprinklern aktiveras och håller branden konstant på en maximal effektutveckling på 1,5 MW.

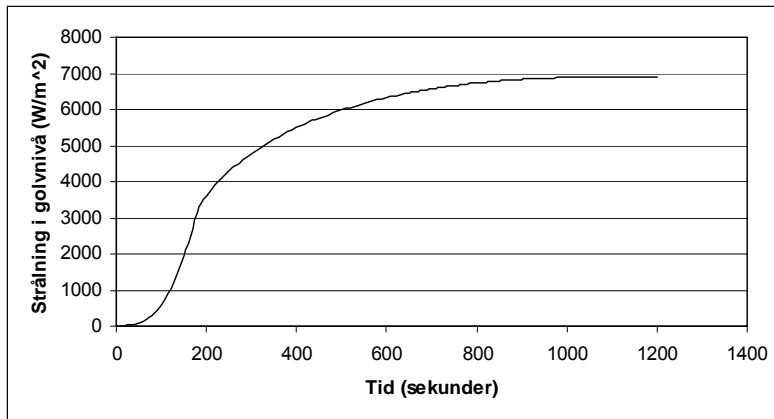
Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden redovisas nedan för såväl butiken Hemtex som utanförliggande gångstråk. För gångstråket är lägsta brandgasnivå 2,25 meter.



Figur 34. Brandgaslagrets höjd inne på Hemtex samt i gångstråk.

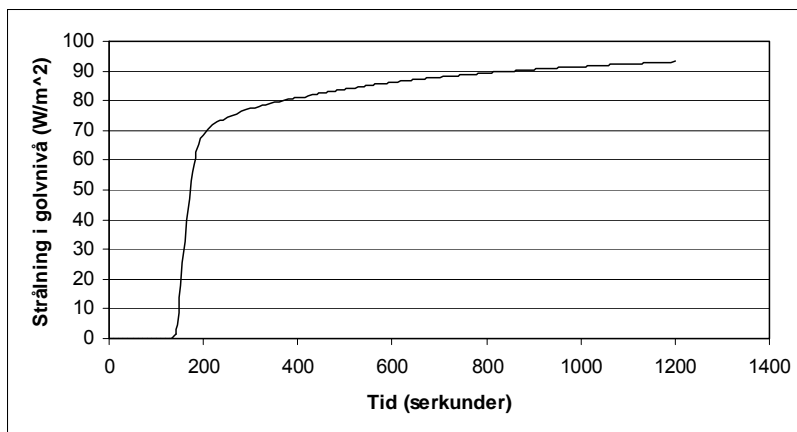
Den maximala temperaturen som erhöles i övre brandgaslaget var inne på Hemtex cirka 450°C och ute i gångstråken cirka 65°C. Kylning av brandgaserna av sprinklerna kommer också att ske. Effekten av detta på brandgasernas temperatur är svår att avgöra, och har därför bortsetts från, med motiveringen att resultaten blir konservativa.

Intressant att ta i beaktning är också brandgaslagrets värmestrålning mot golvet. Kritiskt värde för kortvarig strålning är på 10 kW/m<sup>2</sup> under någon sekund och 2,5 kW/m<sup>2</sup> under en något längre tid.



**Figur 35. Strålning i golvnivå inne på Hemtex.**

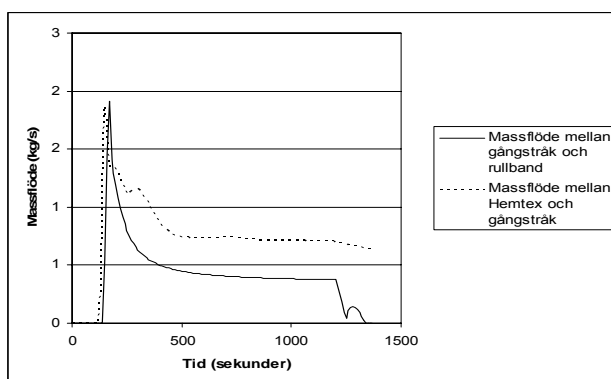
Strålningen inne i butiken blir kritisk efter ca tre minuter.



**Figur 36. Strålning i golvnivå i gångstråken.**

Som synes är strålningen från brandgaserna i gångstråket inte kritisk.

För att uppskatta mängden brandgaser som strömmar från gångstråken upp till andrånningen har programmet CPLOT använts.



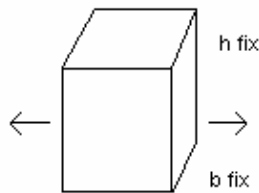
**Figur 37. Massflöde mellan gångstråk och rullband.**

Flödet i frånluftsfläkten som sitter mellan våningsplanen vid rullbanden är vid normal drift ca 11kg/s. Figur 37 visar att maximalt flöde är på ca 2 kg/s och bara under en kort stund från gångstråket till övre plan (zon 2 till zon 3) och håller sig sedan konstant kring 0.4 kg/s. Eftersom fläkten har en kapacitet på 11kg/s kommer det troligtvis

inte att ske någon brandgasspridning till andra våningen. Dock anses inte rullbandet vara ett troligt utrymningsalternativ då brandgaserna delvis kommer att sprida sig uppför detta.

Sammanfattningsvis kan sägas att kritiska förhållanden uppnås inne i Hemtexbutiken medan gångstråken klarar sig relativt bra. Även andra våningen klarar sig, men som nämnts så skapas det ett par blockeringar vid utrymning.

En annan möjlighet om brandgaserna skulle sakna nämnvärd termisk stigningskraft, är att se på hur de brandgaser som lämnar Hemtexbutiken sprider ut sig jämnt ut i gångstråket. Genom att integrera fram en startvolym efter 200 sekunder till  $32,1 \text{ m}^3$  och approximera denna till en rektangel med fix höjd och bredd kan ett samband fås fram för hur längden av rätblocket ändras sig med tiden. Antaganden och beräkningar redovisas i bilaga 4 Beräkningar brandscenario *Hemtex*. Figur 38 visar rätblockets utbredning.



**Figur 38. Approximationen över hur brandgaserna sprider sig i gångstråken..**

Beräkningar visar att utbredningshastigheten av rätblocket blir en decimeter åt vardera hållet var tionde sekund.

Detta sistnämnda scenariot kan troligen vara det fall som snabbast kommer att skapa kritiska förhållanden i området utanför Hemtex. Exakt vilka egenskaper brandgaserna har utanför butiken är svårt att säga, men det förefaller troligt att ingen passage skulle ske genom brandgaserna utanför butiken.

#### 4.5.2.1.1 Strålningsberäkning

Då osäkerheten är stor angående kritiska förhållanden utanför butiken, görs en beräkning på strålning för att styrka eller förkasta att personer kan passera utanför butikens entré.

Beräkningarna återfinns i bilaga 6 *Strålningsberäkning Hemtex*. Resultatet som erhålls är  $23 \text{ kW/m}^2$ . Detta värde är drygt dubbelt så stort som den strålning som anges som gränsvärde för kritiska förhållanden enligt kapitel 4.2.3.

Med detta resultat styrks att gångstråket inte kan användas som utrymningsväg vid en brand i Hemtexbutiken.

#### 4.5.2.2 Utan sprinkler

Vid scenariot då inte sprinklern aktiveras kommer brandförloppet att leda till övertändning i butiken ske snabbt och därför presenteras inga simuleringar då bedömningar av detta förlopp är svårt att göra. Med stor sannolikhet kommer dock en stor mängd varma brandgaser produceras inne i butiken och sedan spridas ut i gångstråket och därmed hindra utrymning genom norra entrén.

### 4.5.3 Slutsatser

Vid sprinklerkontrollerad brand med en effektutveckling på  $1,5 \text{ MW}$  når inte brandgaslagret kritisk höjd i Hemtex butiken eller i gångstråket utanför. Brandgaserna från gångstråket strömmar inte enligt simulerad modell upp till övre plan då frånluftsfläkten i rullbanden drar åt sig dessa. För scenariot kan endast påvisas kritiska förhållanden inne i butiken på grund av strålning från brandgaslagret, samt precis utanför butiken från strålning från flammen. Även för detta scenario en känslighetsanalys genomförts. Enbart då effekten ökas kan man se en tydlig skillnad gentemot de värden som använts vid simuleringen. Det anses dock föga sannolikt att en effekt på  $2,5 \text{ MW}$  som använts i känslighetsanalysen, uppstår i en så väl sprinklad butiks som Hemtex.

**Tabell 10. Slutsatser Hemtex.**

Kriterier	Krav BBR	Hemtex butiken	Gångstråket utanför Hemtex	Tid (min)
Brandgaslagrets höjd	1,9 m Hemtex, 2,2 m gångstråket	> 2,2 m	> 5,5 m	-
Temperatur i vistelse zonen	<80 °C	<70 °C	<30 °C	-
Strålning	< 2,5 kW/m <sup>2</sup>	2,5 kW/m <sup>2</sup>	0,1 kW/m <sup>2</sup>	Ca 3
Toxicitet	2000 ppm CO 5000 ppm CO <sub>2</sub>	-	-	-
Sikt	1 obscura	-	-	-

Tider redovisas endast i de fall då kritiska förhållanden uppstår.

Handberäkningarna på strålning styrker att passage utanför butiken inte är genomförbar.

Temperatur inne på Hemtex är svår att uppskatta då sprinklern i sin absoluta närhet kommer att skapa omblandande förhållanden. I övriga delar uppnås given temperatur.

Toxicitet och sikt i brandgaserna då dessa breder ut sig som ett rätblock har ej behandlats, då denna utvidgning sker så pass långsamt att det är rimligt att tro att personer hinner flytta sig och undvika dem.

## 4.6 Simulering returhanteringen

Simulering av brand i returhanteringen är också den gjord med hjälp av datorprogrammet CFAST.

### 4.6.1 Antaganden/förenklingar och indata

Då rummet har stora öppningar ut till centrat genom den öppna dörren och öppningarna i återvinningsautomaterna anses det vara så pass otätt att spridning via ventilationssystemet inte kommer att ske.

Brandgaserna antas istället flöda ut genom dörren till returhanteringen, som lämnats öppen, och vidare upp mot övre våningen av den termiska stignakraften.



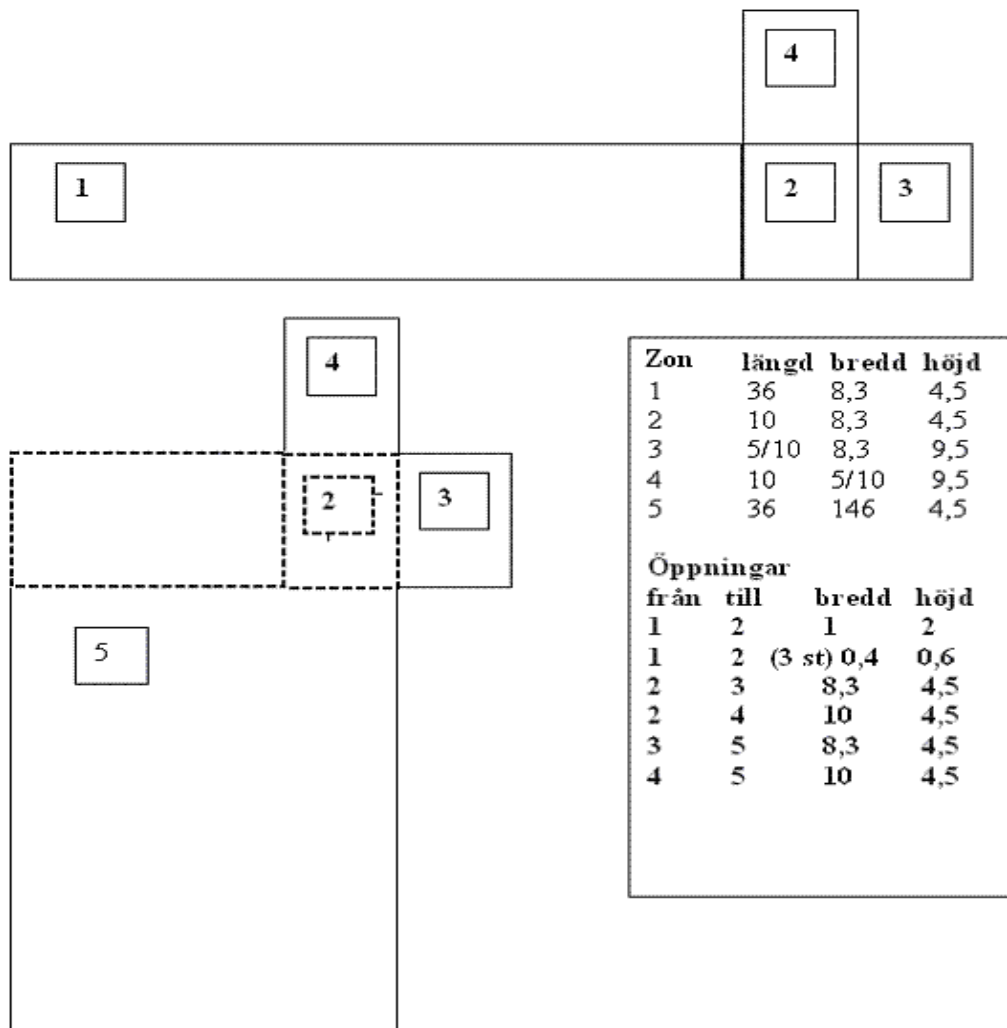
Figur 39. Till vänster: planritning över returhanteringsens placering i centrat, lokal 27. Till höger: vy av returhanteringen på nära håll.



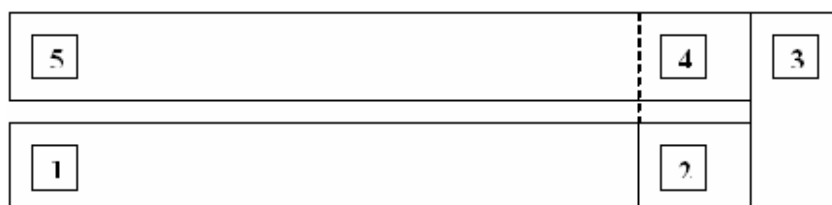
Figur 40. Returhanteringen sedd från avstånd.

Följande zonindelning har använts i CFAST.

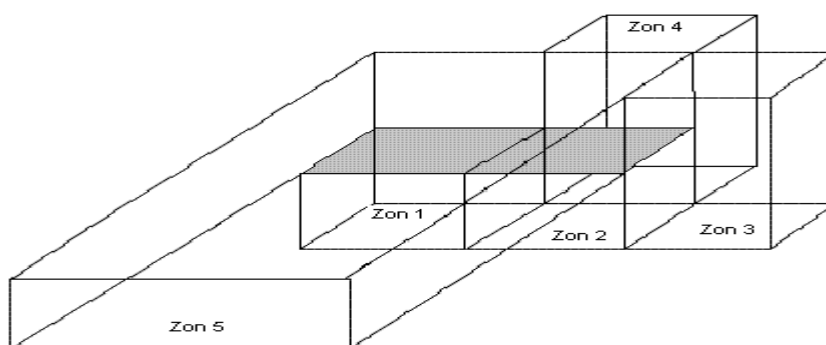




Figur 41. Simuleringsuppställning sedd från ovan. Zon 1-4 är entréplanet och zon 5 övre plan.



Figur 42. Simuleringsuppställning från sidan.



Figur 43. Zongeometri vid simulering i CFAST.

Då zon 3 och 4 endast är avsedda som transportleder för brandgaserna upp till övre plan, zon 5, har simuleringar gjorts med två olika djup, fem respektive tio meter, för att se om resultatet kunde bero av det. Ingen skillnad fanns mellan resultaten, varför deras funktion som ”transportrum” anses styrkt.

Då övre plan är öppet i tak mellan butikerna anses zonindelning av denna hela yta inte vara av nytta. Istället har hela övre planet simulerats som ett stort rum. Då de flesta personalutrymmen är avskilda i tak, har beräkningarna gjorts på den publika ytan.

Då övre planet är stort, 5260 m<sup>2</sup> för publik yta<sup>23</sup> och nästan fem meter i tak blir brandgaserna så svala att skillnaden mellan övre och undre lager i CFAST aldrig överskrider 16 °C. Således kan inte sägas att man har en tydlig skiktning på övre plan. Beräkning har istället gjorts på hur lång tid det tar för brandgaserna att sprida ut sig över hela volymen på övre plan, om de fyller upp hela takhöjden.

I brand scenariot inne på Hemtex har antagits att stora mängder av brandgaserna skulle dras in frånluftsfläkten som sitter ovanför norra rullbandet. I detta brandscenario ligger dock returhanteringen så pass långt in i centrat att bedömningen gjorts att brandgaserna kommer att nå övre plan utan att sugas in genom frånluften

**Tabell 11. Indata returhanteringen.**

	Zon 1	Zon 2	Zon 5
Golvmaterial	Betong	Betong	Betong
Väggmaterial	Gips	Betong	Betong
Takmaterial	Betong	Betong	Betong
Lokalens totala golvyta	Ca 300	90	5260
Rumshöjd	4,5 m	4.5 m	4,9 m
Brandrum	Ja	inte	inte
Luckor i tak	inte	inte	inte
Öppningar mot angränsande rum	Se Figur 41	Se Figur 41	Se Figur 41
Öppningar ut	-	-	-
Dim. Brand	αt <sup>2</sup> brand	-	-
Maximal effect	1.24 resp. 7 MW	-	-
Simulerad tid	20 minuter	20 minuter	20 minuter

Med en publik golvyta på 5260 m<sup>2</sup> och takhöjden 4,9 meter fås volymen: 25774 m<sup>3</sup> för brandgaserna att sprida ut sig över.

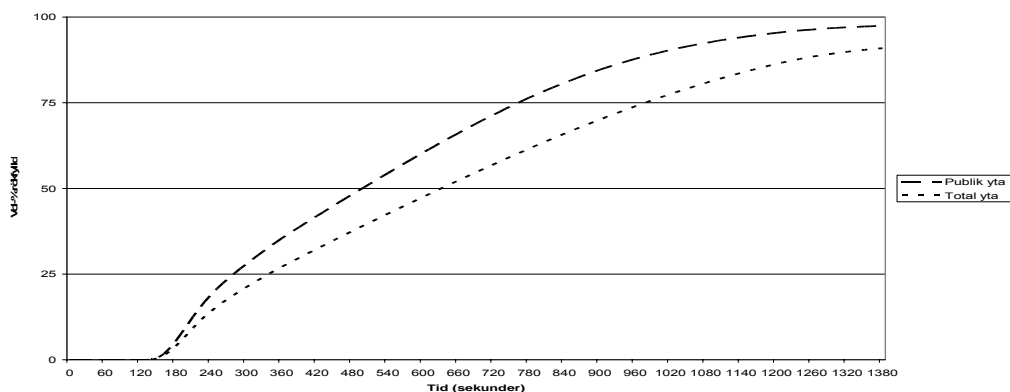
## 4.6.2 Resultat

### 4.6.2.1 Utan sprinkler

För att ta reda på hur brandgaserna breder ut sig på övre plan har beräkning gjorts på hur lång tid det tar för brandgaserna att fylla ut volymen på övre plan. Här har utdata från CFAST på övre lagrets volym använts. Denna volym är baserad på massflödet från branden och den temperatur brandgaslaget har enligt programmet. Då osäkerhet råder kring utdatans kvalitet finns här en del osäkerheter.

$$\text{volymsandel av övre plan fylld var } 10 : e \text{ sekund} = \frac{\int_{t \text{ när övre plan}}^{t \text{ slut}} V_{\text{brandgaslager}}(t) dt}{V_{\text{publik volym}}}$$

<sup>23</sup> Brandskyddslaget, 2003

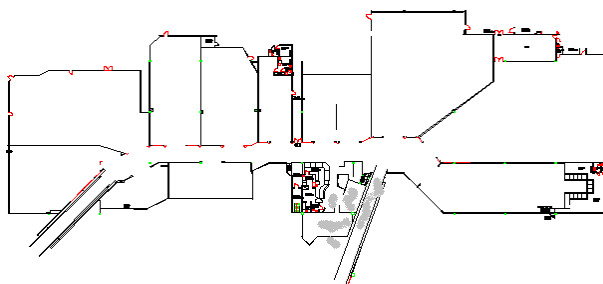


**Figur 44. Tid till brandgasfyllnad av övre plan vid brand opåverkad av sprinkler.**

Nedanstående redovisning över hur brandgaserna sprids har uppskattats genom att studera storleken av övre planet och jämfört med volymandelen som vid vissa tider skall vara fylld.

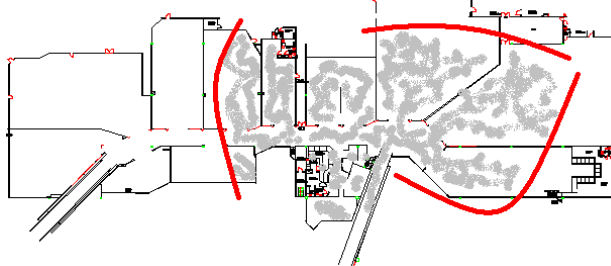
Då CFAST räknar med att brandgaslagret sprider sig momentant jämnt över ett rums hela yta, är den inget optimalt verktyg för att modellera så stora volymer som zon 5, centrals övre plan. Dessutom har brandgaserna färdats en bit och därmed kylts av under vägen. Därför är de inte längre så varma när de når denna del. Istället görs en analys av det volymsflöde som tar sig upp och in i detta utrymme. Hur långt brandgaserna nått då t.ex. halva volymen är fylld baseras på uppskattningar om hur de tämligen svala brandgaserna kommer att breda ut sig.

- *Tre minuter*  
Brandgaserna når övre plan. Redan i detta skede börjar det bli bråttom för folk i butikerna Lindex, Kappahl och Vero Moda. Cafét Skuttunge bör redan ha utrymmts.



**Figur 45. Uppskattad brandgasutbredning efter 3 minuter.**

- *Åtta minuter*  
50% av övervåningens publika volym är nu fylld och brandgaserna antas ha passerat dörren vid utrymningsvägen. Bedömningen baseras på att om en förlängning av utrymningskorridoren skulle göras, antas denna avdela övre plan i två lika stora ytor. Om alla brandgaser hade fyllts på från höger till vänster i Figur 46 hade denna förlängda linje nåtts då hälften av den publika ytans volym var fylld.



**Figur 46. Uppskattad brandgasutbredning efter 8 minuter.**

- *Femton minuter*  
Ca 85 % av övervåningen är nu brandgasfylld och utrymning via norra rullbandet anses inte längre möjlig utan att ta sig genom brandgaserna. I detta skede är brandgaserna tätare och sikten understiger tio meter (en obscura).

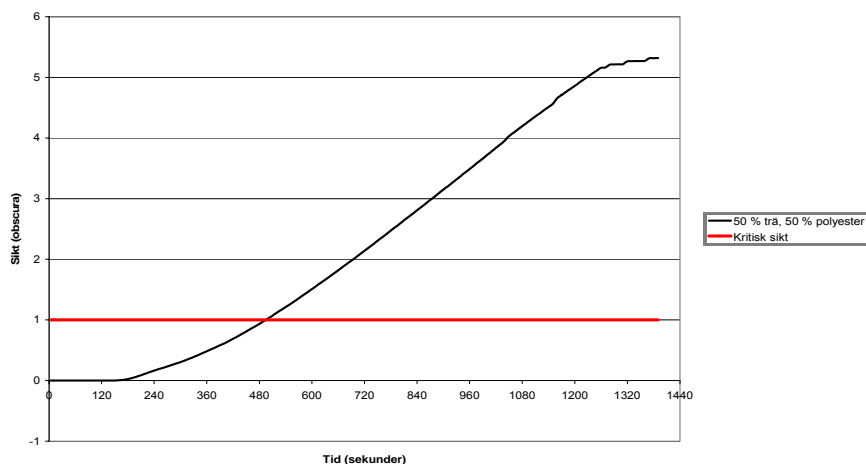


Figur 47. Uppskattad brandgasutbredning efter 15 minuter.

#### 4.6.2.1.1 Kritiska förhållanden

Eftersom det konstaterats att temperaturen i brandgaslagret aldrig överstiger 36°C och tvåzonsskiktning inte är giltig är kriterier för kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd och temperatur olämplig. Istället blir det toxicitet i gaserna samt sikten som blir avgörande. Koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid i övre brandgaslagret fås som utdata ur datorprogrammet CPlot. Koncentrationerna når dock aldrig kritiska nivåer.

Sikten blev istället det som blev begränsande. Siktförhållandena i brandgaserna är dock starkt beroende av materialet. Inne i returhanteringen finns ungefär lika mycket plast som trä. Däremot anses trät väga något mer än plasten. Beräkningar har därför gjorts för medelvärdet av plast och trä och anses därför vara konservativa då plast i gengäld sotar mer än trä. Beräkningarna redovisas i bilaga 7 *Siktberäkning returhanteringen*. Resultaten redovisas nedan i Figur 48. Känslighetsanalys på materialval redovisas i bilaga 10.



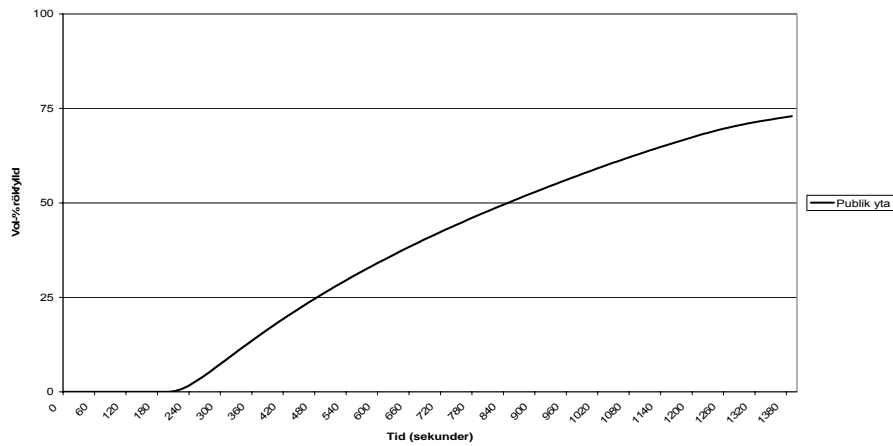
Figur 48. Sikten i brandgaserna beroende av tiden och material.

Om andelen plast (polyester) som brinner är 50 % eller mer så är sikten kritisk efter ca 8 minuter. Vid detta lag kan inte utrymning längre ske via nödutgången mitt i det övre gångstråket.

#### 4.6.2.2 Med sprinkleraktivering

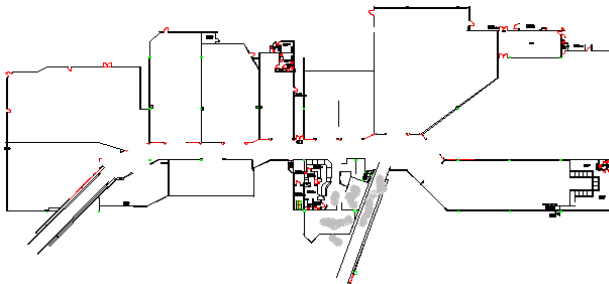
Hänsyn har inte tagits till att brandgaserna skulle förlora termisk stigkraft på grund av sprinkleraktiveringen. Detta motiveras på samma sätt som i Hemtexscenariot, med att sådana beräkningar är i princip omöjliga att göra, och genom att utelämna denna inverkan blir resultatet konservativt.

Enligt samma metod som ovan ges för den publika ytan med sprinklerkontrollerad brand följande samband för den hur den publika volymen fyllts med brandgaser



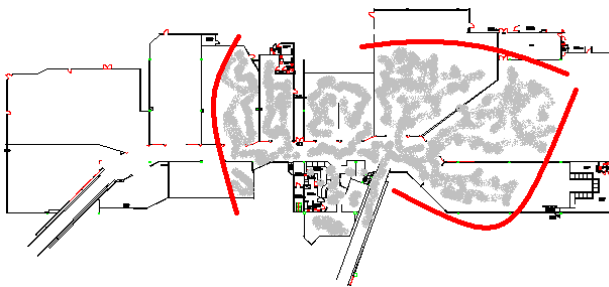
**Figur 49. Tid till brandgasfyllnad av övre plan vid sprinklerkontrollerad brand.**

- *Fyra minuter*  
Brandgaser når övre planet.



**Figur 50. Brandgaserna når övre plan efter fyra minuter.**

- *Fjorton minuter*  
Hälften av över planets publika volym är fylld. Brandgaserna har åtminstone nått till nödutgången.



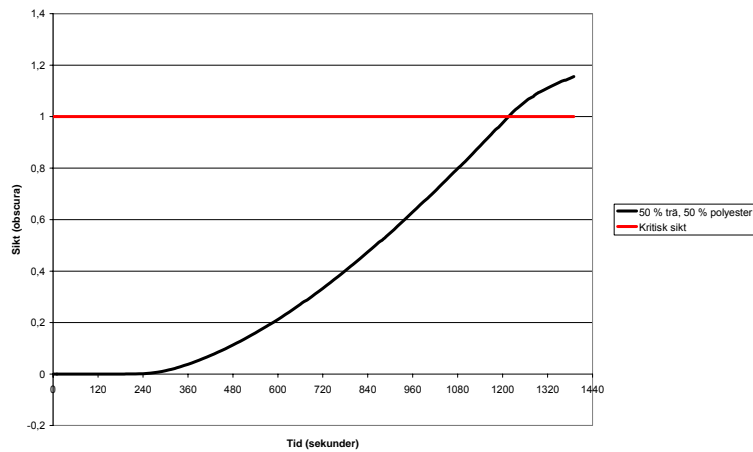
**Figur 51. Tänkbar utbredning av brandgaserna då hälften av den publika volymen är fylld.**

- *Tjugotre minuter*  
75 % av övre planets publika volym är fyllt med brandgaser. Brandgaserna antas ha nått fram till öppningarna vid Intersport och Gina Tricot. Branden börjar i detta skede avta, och ytterligare slutsatser kan inte dras.



**Figur 52. Tänkbar utbredning av brandgaser efter 23 minuter.**

Sikten har beräknats på samma sätt som för brandscenariot ovan.



**Figur 53. Sikten i brandgaserna på övre plan vid sprinklerkontrollerad brand.**

Sikten i brandgaserna blir kritisk först efter 20 minuter. Brandgaserna har då hindrat utrymning via nödutgången som är placerad i gångstråkets mitt, men inte nått hela vägen fram till norra rullbandet.

### 4.6.3 Slutsats

Följande resultat gäller för zon 5 i simuleringen, övre plan. Känslighetsanalys har gjorts på sikt samt tiden för fyllnad övre plan. Denna visar på att sikten starkt beror av det material som brinner. Viktigast är dock hur snabbt brandgaserna breder ut sig, eftersom personer inte lider av dålig sikt i brandgaserna om de inte befinner sig i brandgaserna. Rökfyllnadstiden visade sig vara tämligen okänslig i känslighetsanalysen.

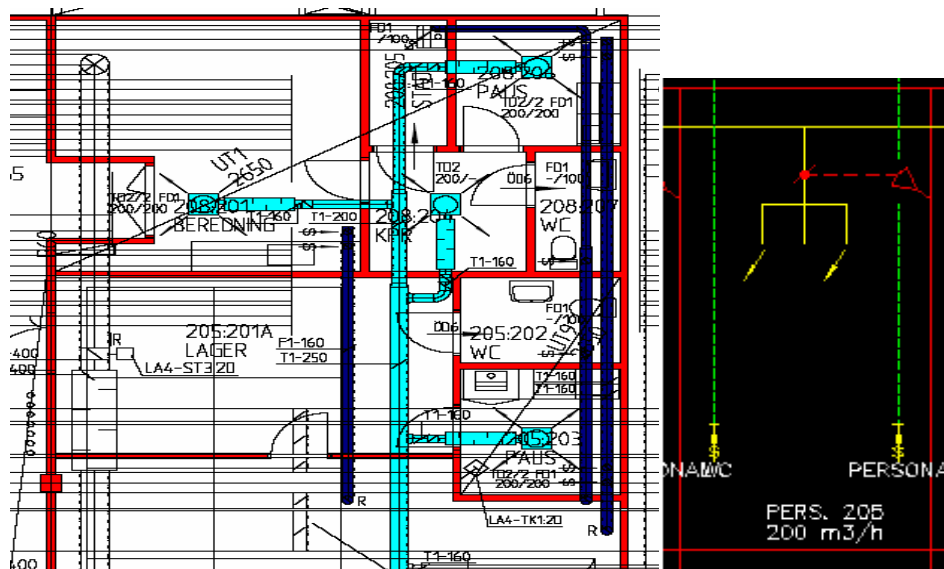
**Tabell 12. Slutsats returhanteringen.**

Kriterier	Krav BBR	Övre plan	Tid (minuter)
<b>Osprinklad brand</b>			
Brandgaslagrets höjd	>1,6+0,1*takhöjd	-	-
Temperatur i vistelse zonen	< 80 °C	< 36 °C	-
Strålning	< 2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-
Toxicitet	<2000 ppm CO, <5000ppm CO <sub>2</sub>	-	-
Sikt	<1 obscura	1	8
Brandgaserna nått norra rullbandet			15
<b>Sprinklerkontrollerad brand</b>			
Brandgaslagrets höjd	>1,6+0,1*takhöjd	-	-
Temperatur i vistelse zonen	< 80 °C	< 36 °C	-
Strålning	< 2,5 kW/m <sup>2</sup>	-	-
Toxicitet	< 2000 ppm CO, < 5000ppm CO <sub>2</sub>	-	-
Sikt	<1 obscura	1	20
Brandgaserna nått norra rullbanden			<i>Når inte fram</i>

## 4.7 Simulering personalutrymme

Här studeras den tryckuppyggnad som uppstår i ett rum under ett brandförlopp. Detta är intressant för att se om eventuell brandgasspridning kommer att ske i tilluftskanalen. Tilluften i detta rum förses via ett kanalsystem från ett tilluftsaggregat som förser tre andra personalrum längre ned i kanalen med tilluft. Om brandflödet överskrider det genererade luftflödet kommer en brandgasspridning i ventilationssystemet att ske.

Utrymmet vi har valt är ett litet lunchrum bestående av diverse trämöbler samt hushållsartiklar. Utrymmet är beläget på andra våningen och rummet saknar överluftsdon.



Figur 54. Ventilationsritning över det aktuella personalutrymmet. På bilden ses även två frånluftsdon och ett tilluftsdon. På höger sida ses ett flödesschema över rummet.

### 4.7.1 Brandbeskrivning

En ur personalen glömer att stänga av spisplattan och låter en kastrull med pastarester stå kvar. Efter ett tag börjar pastan att pyrolyseras och brandgasutveckling sker. Efter ett tag fattar pastan eld och lågorna värmer upp det fett som har ansamlats i det gamla filtret i köksfläkten. Fettet droppar ner och förstärker brandutvecklingen och branden är ett faktum.

Utvecklingen av branden i det tidiga skedet är långsam då denna i initialt skede består av glöd. Det dolda utrymmet tillåter branden att utvecklas. Vi kommer att starta simuleringen i programmet CFAST vid det skede när effektutvecklingen kan beskrivas enligt en  $\alpha^2$  kurva.

Värdet  $\alpha$  har satts till *fast* dvs.  $0,047 \text{ kW/s}^2$  eftersom detta stämmer bra överens med de värden på inventarierna som anges i Enclosure Fire Dynamics<sup>24</sup>.

Eftersom branden kommer att vara ventilationskontrollerad uppskattas brandeffekten genom formel<sup>25</sup>:

$$P_{\max} = \alpha^{1/3} (3rV / a)^{2/3}$$

I formeln används mängden syre i rummet som parameter eftersom denna styr hur stor brandeffekten kommer att bli då branden är ventilationskontrollerad. I bilaga 8 *Beräkningar brandbelastning* presenteras beräkningarna. Här visas enbart resultaten.

<sup>24</sup> Karlsson & Quintiere, 1999

<sup>25</sup> Lars Jensen, 2002



Flödet från tilluften är bestämt från ventilationsritningen till 200 m<sup>3</sup>/h (56 l/s). Den erhållna brandeffekten är 295kW. Enligt tumregel<sup>26</sup> motsvarar 1MW brandbelastning ett brandflöde på 1m<sup>3</sup>/s. Detta skulle i vårt fall motsvara ett brandflöde på 295 l/s.

## 4.7.2 Simulering med CFAST

Tabell 13. Indata CFAST.

	Rum
Golvmaterial	Betong
Väggmaterial	gips
Takmaterial	gips
Lokalens golvyta	6,25 m <sup>2</sup>
Rumshöjd	2,5 m
Brandrum	Ja
läckarea	2,125*10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup>

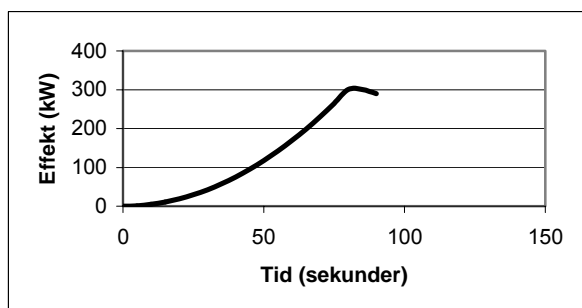
Genom beräkningar har maxeffekten beräknas till 295kW. Brandflödet beräknas genom att multiplicera

normalflödet med  $\sqrt{1 + \frac{\text{tilluftstryckfall}}{\text{frånluftstryckfall}}}$  då flödena är lika stora sker

brandgasspridning när brandflödet är  $\sqrt{2} \cdot \text{Normalflöde}$ <sup>27</sup> dvs 79kW.

I grafen nedan kan vi se att brandgasspridning sker ungefär efter 40 sekunder då en brandeffekt på 79 kW har uppnåtts. Man kan även se att maximala brandbelastningen 295kW uppnås vid 80 sekunder.

Efter att maxeffekten har uppnåtts kommer brandbelastningen vara konstant tills syrenivån i rummet blir för låg och lägre brandbelastning erhålls, när detta sker har inte beaktats då enbart maxeffekten har undersökts.



Figur 55. Samband effektutveckling och tid

Medeltemperaturen när brandgasspridning sker är 37°C och 217°C när maximal brandbelastning har uppnåtts.

<sup>26</sup> Lars Jensen, 2002

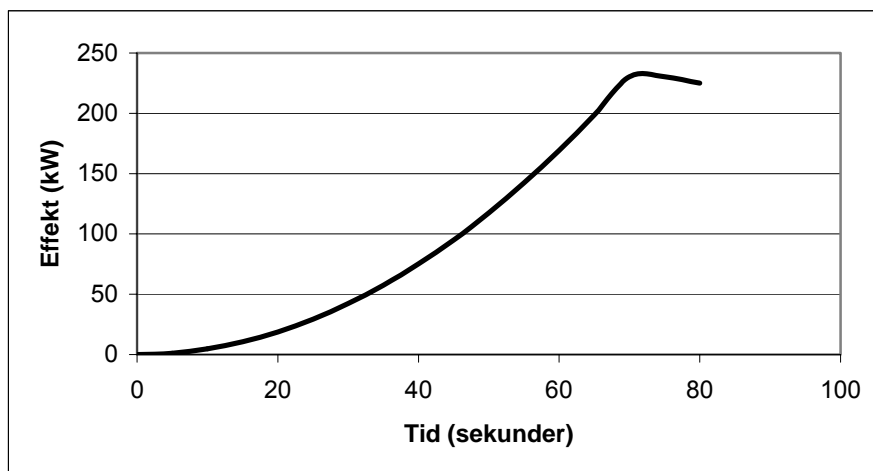
<sup>27</sup> Lars Jensen, 2002

### 4.7.3 Sprinkler inverkan

Simulering i Detact T2 gav resultatet att sprinkler aktiveras efter 70 sekunder vid en brandbelastning på 236 kW.

Tabell 14. Indata Detact-T2.

RTI ((m*s) <sup>0,5</sup> )	Detector spacing (m)	Activation temperature (°C)	Detector rate of rise (°C/min)	Ceiling height (m)	Ambient temperature (°C)	Growth rate	Alfa (kW/s <sup>2</sup> )
90	3	68	20	2,5	20	F	0,04689



Figur 56 Samband effektutveckling och tid för sprinklerkontrollerad brand.

### 4.7.4 Slutsats

Brandgasspridningen via tilluftskanaler sker i utrymmen som är täta där en tryckuppbyggnad snabbt byggs upp. Enligt resultaten ovan ser vi att spridning sker ganska snart in på scenariot. En spridning av brandgaser i tilluftskanalen skulle innebära att brandgasspridning skulle ske till de rum som försörjs av samma tilluftskanal. Tilluftsflödet från donet på 56 l/s skulle enligt tumregeln ovan innebära att brandgasspridning sker i kanalen redan efter 40 sekunder då ett brandflöde på 79 kW har uppnåtts.

Vid sprinkleraktivering skulle vattnet kyla brandgaserna och tryckuppbyggnaden skulle bli mindre vilket skulle resultera i att brandflödet samt brandgasspridningen skulle reduceras. Några studier i att branden släcks har inte gjorts utan vi utgår från det scenario då sprinklern enbart dämpar branden. Den sprinklerkontrollerade branden uppnår en effekt på 236 kW vilket skulle innebära att en brandgasspridning skulle ske även i detta fall då spridning sker vid 79 kW.

## 4.8 Sammanställning av resultat

Nedan sammanställs tider för kritiska förhållanden i de olika brandscenarierna.

**Tabell 15. Sammanställning av kritiska tider vid brandsimuleringar.**

<b>Brandscenarie</b>	<b>Tid (minuter)</b>	<b>Kriterie</b>	<b>Kommentar</b>
COOP	8 respektive 9	Brandgaslagrets höjd	<i>Uppstod i två av tre zonindelningar i CFAST</i>
Hemtex, med sprinkler	3	Strålning	<i>Inne i butiken efter 3 minuter. Strålning från flammen hindrar passage utanför butiken.</i>
Hemtex, utan sprinkler	-	-	<i>Butik övertänd, värden ej pålitliga.</i>
Returhanteringen, med sprinkler	- (sikt 20)	Sikt	<i>Baserat på kvalitativa antaganden om spridning.</i>
Returhanteringen, utan sprinkler	15 (sikt 8)	Sikt	<i>Baserat på kvalitativa antaganden om spridning.</i>
Personalutrymme	-	-	<i>Brandgasspridning sker vid 79 kW.</i>



## 5 Utrymning

*I detta kapitel ges allmän teori bakom, lagar om, samt folks beteende vid utrymning.*

### 5.1 Allmänt

I samband med utrymning ställs det krav på en byggnad på flera olika sätt. I Boverkets byggregler BBR, finns rekommendationer om hur en byggnad eller lokal skall utformas.

Enligt gällande föreskrifter om utrymning i BBR skall personer i byggnaden kunna ta sig till en utrymningsväg eller en dörr som går direkt till det fria, för att tillfredsställande utrymning ska kunna ske vid brand (*BBR 5:31*). Med utrymningsväg menas en utgång direkt till gata eller motsvarande eller en utgång till terrass, gårdsplan eller dylikt från vilken gata eller motsvarande lätt kan nå (*BBR 5:233*).

Enligt BBR skall det också finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar, och om bostaden eller lokalen har fler än ett våningsplan, skall det finnas minst en utrymningsväg från varje plan (*BBR 5:311*).

Vid dimensionering av brandskyddet i en byggnad kan tillvägagångssättet se olika ut antingen som förenklad dimensionering eller genom analytisk dimensionering. Förenklad dimensionering innebär att projektören följer de detaljerade föreskrifterna i Boverkets Byggregler. Ibland kan arkitektens utformning av en byggnad innebära att BBR:s krav inte efterlevs vid en förenklad dimensionering. I dessa fall är analytisk dimensionering aktuell. Denna analysmetod innebär att de avsteg man gör från BBR ska verifieras så att samma personsäkerhet efterlevs som i det förenklade dimensioneringsfallet.

### 5.2 Människors beteende vid utrymning

Följande material är sammanställt från brandskyddshandboken<sup>28</sup> och föreläsningar av Håkan Frantzich<sup>29</sup>.

När det gäller utrymning är innebörden och uppfattningen om hur människor beter sig i händelse av brand och utrymning av betydande skäl. Tid för utrymning omfattar tre faser; varseblivning, beslut/reaktion och förflyttning.

Varseblivning är den tid det tar för en person att upptäcka att något har hänt. Denna kan till stor del bero på byggnadens befintliga brandskydd, i form av utrymningslarm blinkande lampor mm. Vanligt är att varseblivningstiden ansätts som tid för detektion av branden, på egen hand eller via ett detektionssystem.

Beslut och reaktionstiden är också starkt relaterat till lokalens brandtekniska konstruktion. Ett talat meddelande medför att tiden minskar när en röst talar om vad personerna i byggnaden skall göra. I de fall då personen kan se branden minskar beslut- och reaktionstid ytterligare. Därför är det även viktigt att byggnaden är överblickbar.

Förflyttningstiden är den tid det tar för en person att komma ut ur lokalen. Denna tid varierar med avseende på några olika faktorer, så som lokalens utformning, bredden på dörrar, gångavstånd och personers kännedom om lokalen. Även funktionshindre och ålder spelar stor roll.

Sammanfattningsvis kan utrymningstiden beräknas enligt nedanstående formel.

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

För att simulera utrymning av Gränby Centrum har utrymningsprogrammet Simulex (v11.1.3) används. Med hänsyn till ovanstående variabler har indata använts vid simulering i Simulex för att beräkna utrymningstiden för valda brandscenarier.

---

<sup>28</sup> *Brandteknik LTH, 2002.*

<sup>29</sup> *Föreläsning, Håkan Frantzich*



## 6 Simulering av utrymning

*I detta kapitel ges resultat av utrymnings-simuleringar.*

Som beskrivits under kapitlet utrymning ingår tid för varseblivning, reaktion och beslut som delar i bestämningen av den totala utrymningstiden. Den tredje parametern är transporttid. Det är denna som kan simuleras i Simulex. För att få ut tid för total utrymning i Simulex måste således tid för varseblivning och reaktion ansättas under simuleringarna.

I centrat finns ett informativt talat utrymningsmeddelande. För denna typ av meddelande ges rekommendationen att tiden för reaktion och beslut sätts till en minut<sup>30</sup>.

Varseblivningstiden, vilket i vårt fall är tiden för centrats detektions- eller sprinklersystemets aktiveringstid, är svår att uppskatta. En övre gräns är dock satt till den tid då sprinklern aktiveras. Simuleringar i Simulex har utförts med varseblivningstiden ansatt till sprinklernas aktiveringstid, samt i vissa fall till hälften av denna tid. För att göra konservativa bedömningar, har det scenario valts där utrymningen tog längst tid. För personer i brandens närhet har varsel- och reaktionstid satts till noll.

### 6.1 Allmänt om simulering i Simulex

Vid simulering av Förflyttningstiden vid utrymning har utrymningsprogrammet Simulex (version 11.1.3) använts. Detta för att kunna bestämma utrymningstiden och jämföra med tiden till kritiska förhållanden uppstår från de brandsimuleringar som gjorts. Det går även att se var köbildningar kan uppstå.

I Simulex läses CAD-ritningar in för de olika våningsplanen, och de entréer, nödutgångar och trappor som skall användas bestäms enligt aktuella mått och definieras utifrån varje scenario. Ritningar över våningsplanen används sedan till att beräkna avståndet till närmsta utgång oberoende av placering i byggnaden. Varje person betraktas som en individ och därmed går det att välja egenskaper för varje person för sig angående gånghastighet, varseblivningstid, beslut/reaktionstid, val av utgång m.m. Om inget annat anges i val av utgång går personen mot den närmsta utgången ut i från de avståndskartor som beräknats. För att simulera hinder som finns i byggnaden ritas detta in direkt i CAD-ritningen. En grafisk simulering visas sedan hur utrymningen går till enligt de indata som angivits.

Resultaten redovisas i en textfil där man kan se tiden för hela utrymningen samt hur många personer som passerar genom specifika utgångar under ett tidsintervall.

#### 6.1.1 Fördelar

- Utrymningstider för total tid och för samtliga utgångar redovisas.
- Grafisk bild över utrymningsförloppet gör att man ser var problem uppstår.
- Inställningar kan göras för varje individ i val av utgång mm.
- Olika gånghastigheter ges vid förflyttning vertikalt vid trappor och fördelas jämnt över personmängden från 0,8 till 1,7 m/s.
- Förinställda personegenskaper kan väljas för att ge olika fördelningar över kön, ålder och kroppsstorlekar och därmed resultera i olika gånghastigheter.

#### 6.1.2 Nackdelar och begränsningar

- Vid köbildning kan inte personerna välja andra alternativa vägval.
- Personer kan fastna i utrymmen.
- Långsam simulering vid högt personantal. Tar bara hänsyn till den enskilda individen och inte om personen har kundvagn och andra typer av hindrande objekt med sig.
- Flera passager måste ersättas med en stor med samma bredd eftersom personer tar närmsta väg till utgång, ex vid kassor.

---

<sup>30</sup> Frantzych,2001

## 6.2 Enkätundersökning

Under besöket på Gränby Centrum intervjuades kunder och anställda. De frågor som kunderna fick handla om deras kännedom om köpcentret såsom var nödutgångarna och entréer fanns, var de hade gått ut om brandlarmet hade gått från intervjuplatsen, samt hur de tror att brandlarmet låter.

Frågorna till de anställda i butikerna handlade om deras organisatoriska brandskydd, deras rutiner för utrymning och om de har genomfört någon brandövning.

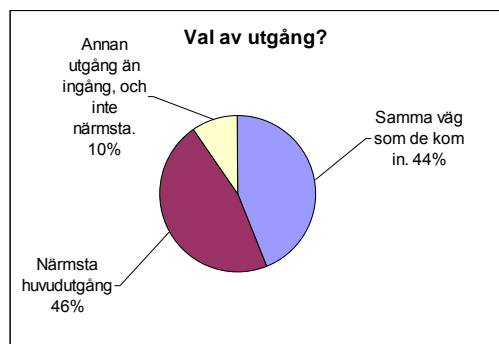
Slumpmässigt valda personer i olika åldrar intervjuades på tre strategiska ställen i köpcentret, vid norra entrén, på övervåningen vid nödutgången och inne på COOP.

Undersökningen omfattade 45 kunder och 12 stycken butiker. Enkätens exakta utformning finns i bilaga 9 *Enkät angående utrymning i Gränby Centrum*.

En viss osäkerhet i svaren måste beaktas då personer i intervjusammanhang har en tendens att svara ”korrekt” och inte hur de tror att de hade gjort vid en eventuell utrymning. Resultaten av enkätundersökningen kommer att användas i utrymningssimuleringarna vid val av antal nödutgångar kunderna väntas använda sig av.

### 6.2.1 Kunder

#### 6.2.1.1 Val av utgång



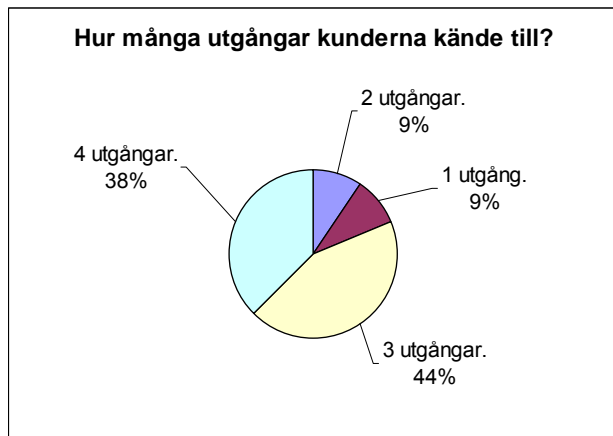
Figur 57. Folks val av utgång enligt enkätundersökning.

Diagrammet visar att 44 % av de tillfrågade skulle välja att gå ut samma väg som de kom in genom, även om denna väg inte alltid varit den närmsta. Människor har en tendens att följa rutiner, och vid en eventuell utrymning ger det en säkrare känsla att gå ut samma väg som de kom in. Ingen angav att de skulle använda nödutgångarna.

En nästan lika stor mängd personer, 46 %, skulle välja den närmsta vägen. Det spelade stor roll var intervjun gjordes. För de personer som intervjuades vid den norra entrén var valet även att gå ut genom denna. I och för sig kan detta tyckas ganska uppenbart för att den låg så nära, men å andra sidan valde ingen av de personer som intervjuades på övervåningen den nödutgången i mitten av gångstråket, trots att denna är närbelägen och synlig. En av tio hade valt en annan utgång än den närmsta och inte samma utgång som de kom in genom.



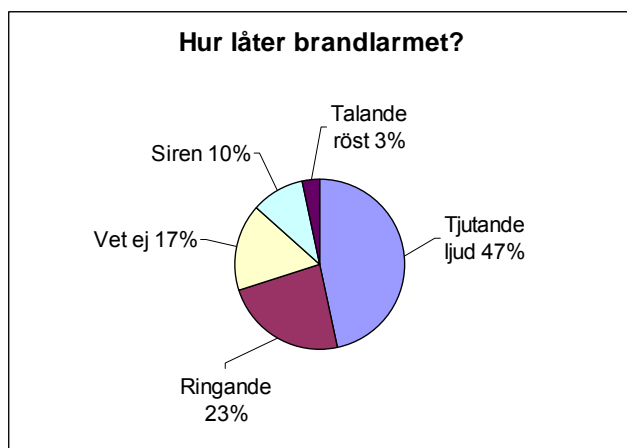
### 6.2.1.2 Kännedom om antal utgångar



Figur 58. Sammanställning av kundernas kännedom om antal utgångar.

Flertalet personer som intervjuades kände till tre eller fyra av de totalt fyra entréerna, vilket tyder på ganska bra lokalkännedom. Knappt 20% kände bara till en eller två entréer vilket måste uppfattas som mindre bra lokalkännedom.

Hur tror du brandlarmet låter?

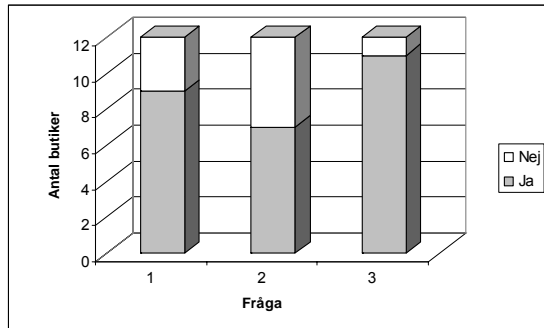


Figur 59. Kunders uppfattning om hur brandlarmet låter.

I och med att Gränby Centrum har utrymningslarm i form av talande röst som talar om vad personerna inne i byggnaden skall göra, så blir diagrammet i sig av mindre värde, men visar ändå personers uppfattning kring hur det kan tänkas låta.

## 6.2.2 Butikspersonal

- 1 Har ni speciella rutiner i händelse av brand?
- 2 Har ni haft brandövning någon gång?
- 3 Känner du till hur brandlarmet låter?



Figur 60. Butikspersonals svar på frågor om brandskyddet.

Resultatet visar att varannan butik någon gång har haft brand/utrymningsövning. Flertalet har även inövade rutiner och vet hur brandlarmet låter.

## 6.2.3 Slutsats

Det viktigaste resultatet var att ingen kund angav att de skulle använda nödutgångarna vid brand. Dock måste man i simuleringen ta hänsyn till att vissa personer vid en verklig brand faktiskt skulle använd sig av dessa. Framförallt då man kan anta att personalen hjälper dem ut.

## 6.3 Persontäthet Gränby Centrum

Utrymningstiden är starkt beroende av hur många personer som befinner sig i byggnaden. När det gäller köpcentrum varierar besöksstätheten med tid på dygnet och del av månad. Mest folk är det på helger efter lönedag. Annars gäller på Gränby Centrum, precis som för andra kommerser, att sett över året är det flest antal besökare kring juletid.

Enligt BBR (5:371) rekommenderas en persontäthet på 0,5 personer/m<sup>2</sup> (publik nettoarea) i varuhus och andra anläggningar för detaljhandel. Denna siffra anses dock vara för hög om hela centrats yta skall beaktas.

Vid besöket tillfrågades personal från olika butiker för att få en uppfattning om hur många personer som mest kan vistas i olika butiker samtidigt. På Intersport uppskattades antalet personer till 100 stycken under jultider. Arean inne på Intersport mättes på ritning till 500 m<sup>2</sup>, men eftersom diverse inredning gör att personer inte kan vistas överallt uppskattas netto arean till 350 m<sup>2</sup>, detta med faktorn 0,7. Detta ger en persontäthet på ca 0,3 personer/m<sup>2</sup>. En jämförelse har även gjorts mot ett tidigare BTR arbete<sup>31</sup> som också behandlade ett köpcentrum där persontätheten 0,25 personer/m<sup>2</sup>. Mot bakgrund av detta verkar persontätheten 0,3 personer/m<sup>2</sup> väl underbyggd.

Mätning av resterande butiker och gångstråk gav den totala ytan på 21857 m<sup>2</sup> (15300 m<sup>2</sup> nettoarea) vilket ger det totala personantalet 15300\*0,3 = 4590 personer.

<sup>31</sup> Abrahamsson et al, 2003

## 6.4 Indata i simuleringen

Simuleringar i Simulex ger primärt transporttiden för personerna. Då total tid för utrymning önskas har tider för varseblivning samt beslut och reaktion ansättas som indata i personernas egenskaper.

### 6.4.1 Motivering till val av varseblivningstid

Som nämnts under kapitel 5, kan varseblivningstid ansättas som detektionstid. Den tid det tar för detektionssystemet att upptäcka en brand är svår att beräkna. Denna tid är däremot inte längre än tiden det tar för sprinklern att aktivera. Detektionstiden, eller snarare tiden för aktivering av brandlarmet, ligger sålunda inom sprinklerns aktiveringstid.

Simuleringar har därför gjorts i alla brandscenarier med varseblivningstiden ansatt som både halva respektive hela tiden till sprinkleraktivering. För att utrymningstiderna skall vara konservativa presenteras resultat med den varseblivningstid som gav längst tid för utrymning.

### 6.4.2 Motivering till val av reaktions- och beslutstid

Reaktionsstiden för personer som inte är i direkt närhet av branden är satt till en minut plus minus 15 sekunder. Detta är baserat på att folk reagerar tämligen snabbt på ett talat informativt meddelande.

Dock finns en stor osäkerhet innan det talade utrymningsmeddelandet läses upp. Det är tiden det tar för centrals driftspersonal eller väktare att undersöka brandlarmsorsaken och sedan manuellt aktivera utrymningslarmet. Resonemang och hantering av denna problematik förs i kapitel 8.

### 6.4.3 Personkategorier

I alla utrymningssimuleringar har personkategorin ”shoppers” använts.

## 6.5 Utrymning brand COOP

### 6.5.1 Varseblivningstid

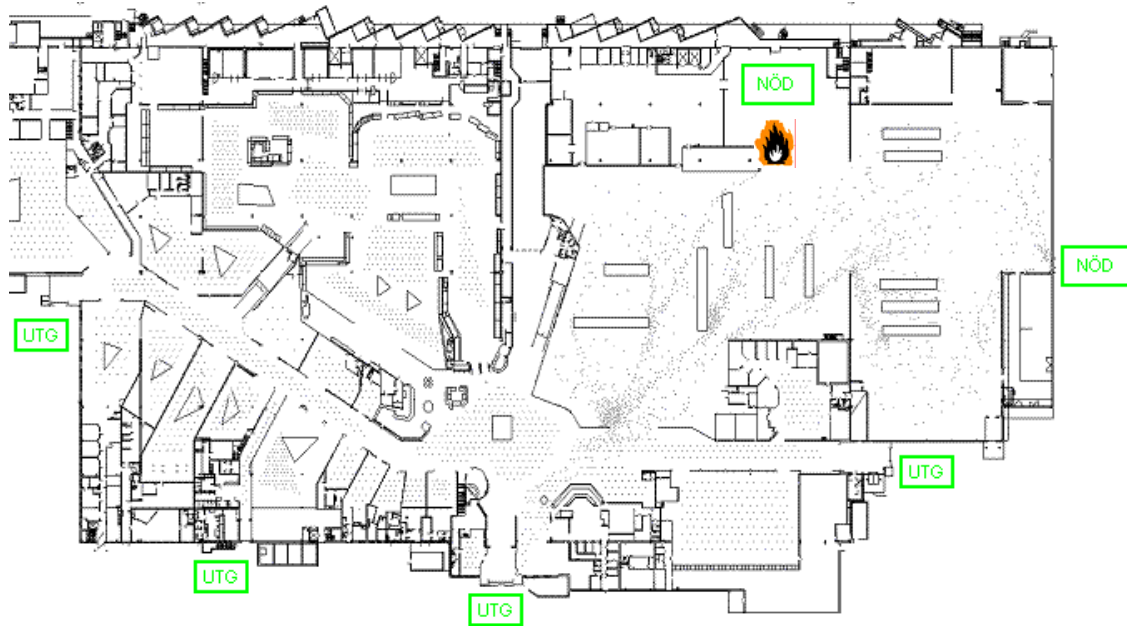
För personer närmast branden (250 st) är tiden satt till noll sekunder. För övriga personer inne på COOP och övriga delar av centrat har tiden satts till detektionstiden. Detektionstiden har satts till halva sprinklertiden, d.v.s. 25 sekunder.

### 6.5.2 Beslut- och reaktionstid

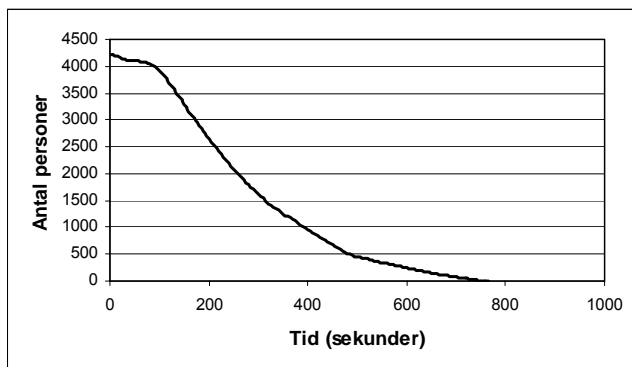
Personer närmast branden har reaktionstiden noll, för personer inne på COOP +/- 15 sekunder. För övriga personer är tiden 1 minut +/-15 sekunder.

I detta scenario har hela centrat utrymmts. Enkätundersökningen visade att inga av de tillfrågade personerna skulle utrymma via nödutgångarna. Dock antas i detta scenario att personalen hjälper et mindre antal kunder ut genom två nödutgångar. Dessa benämns södra respektive östra utgången.

### 6.5.3 Utrymning brand COOP, med två nödutgångar i butik.



Figur 61. Utrymning efter 1 minut.



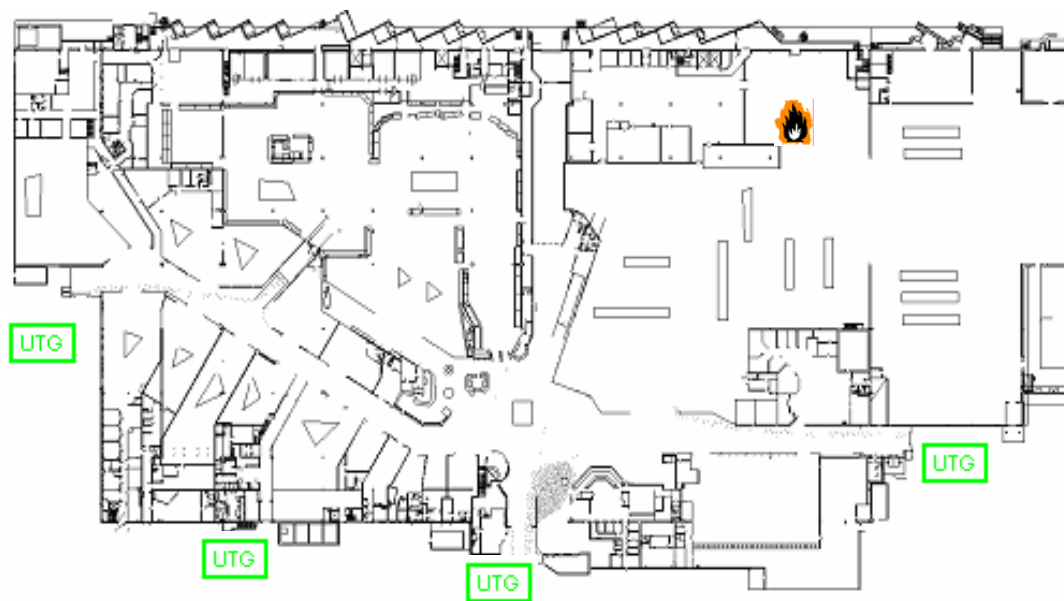
Figur 62. Utrymning av hela Gränby Centrum vid brand på COOP med två nödutgångar..

**Tabell 16. Tid för utrymning genom samtliga utgångar.**

Hela centrat	13 min
COOP	8 min

### 6.5.4 Utrymning brand COOP, utan nödutgångar

För att simulera skillnaden i tid om kunderna inne i COOP och personalen inte skulle aktivt styra personer till att använda de bakre nödutgångarna gjordes ett försök till.



**Figur 63. Utrymning av COOP med stängda bakkantutrymningsdörrar efter 9 minuter.**

**Tabell 17. Tid för utrymning då bakkantutrymning inne på COOP inte är möjlig.**

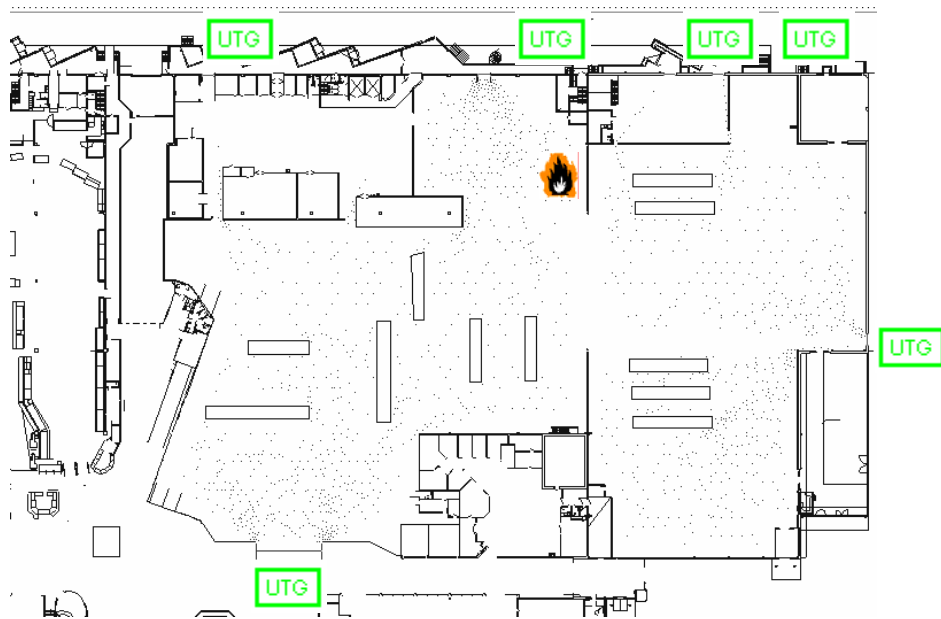
Hela centrat	18 min
COOP	9 min

Enligt simuleringarna tar det fem minuter längre tid att utrymma hela centrat utan hjälp av nödutgångar inne på COOP. Enligt simuleringarna tar det endast en minut längre tid för att utrymma bara COOP. Att denna skillnad inte blev större beror säkert till stor del på att det var så pass få som antogs använda dessa utrymningsalternativ.

### 6.5.5 Utrymning bara COOP, alla nödutgångar använda.

För att se hur stor skillnaden i tid skulle bli om alla nödutgångar inne på COOP användes fullt ut gjordes en simulering även på detta. Detta förutsätter dock i verkligheten att personal lyckas dirigera alla kunder till för dem närmaste utgång

Samma varseblivningstid och reaktionstid har använts som indata.



Figur 64. Utrymning av COOP då alla nödutgångar används, 40 sekunder.

Tabell 7. Tid för utrymning an endast COOP då alla nödutgångar används optimalt.

COOP	4 min
------	-------

## 6.6 Utrymning brand Hemtex

Vid brand inne på Hemtex antas hela centrat behöva utrymmas. Eftersom inga personer från enkätundersökningen angav att de skulle använda nödutgången på övre våningen, har simulering gjorts med antagandet att alla personer ska ta sig ner via södra rullbanden.

### 6.6.1 Varseblivningstid

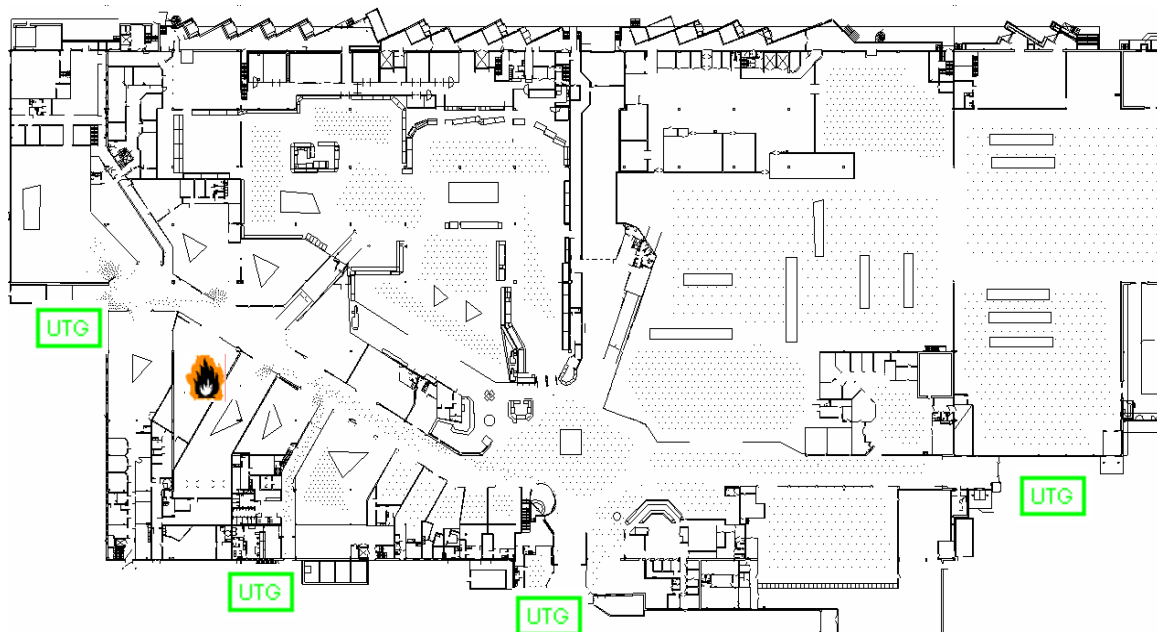
För personer inne på Hemtex och personer i korridoren utanför är tiden satt till noll sekunder. För övriga personer är denna tid detektionstiden som är halva sprinklertiden på 178 sekunder, d.v.s. 89 sekunder.

### 6.6.2 Beslut- och reaktionstid

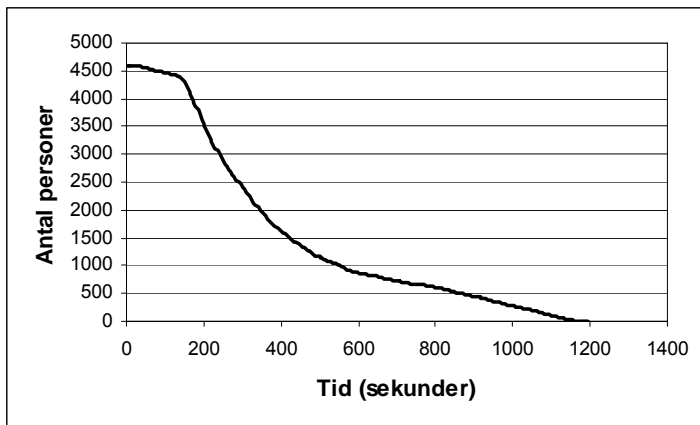
För personer inne i butiken är tiden nollsekunder, och för personer i korridoren är den noll sekunder +/- 15 sekunder. För andra personer i centrat är tiden satt till en minut +/- 15 sekunder.

För att se hur stor skillnaden skulle bli om nödutgången på övre plan använts, har utrymning av enbart övre plan, också gjort där nödutgången använts.

### 6.6.3 Total utrymning



Figur 65. Total utrymning vid brand på Hemtex efter 2 minuter.



**Figur 66. Utrymning av hela Gränby Centrum vid brand på Hemtex.**

**Tabell 18. Tid för utrymning genom viktiga utgångar.**

	Norra utgången	Mellan utgången	Alla utgångar
Tid till utrymning (min)	4	4	20

Då alla personer i gångstråket utanför Hemtex har antagits utrymma via norra- eller mellanentrén framgår här att dessa personer är utom fara redan efter fyra minuter.

#### 6.6.4 Utrymning endast Hemtex



**Figur 67. Utrymning av endast hemtex efter två minuter.**

Simuleringen visade även att Hemtexbutiken är utrymd redan efter 1 minut.

**Tabell 19. Tid för utrymning av endast Hemtex.**

Hemtex	1 min
--------	-------



## 6.7 Utrymning brand returhanteringen

Vid brand i returhanteringen antas brandgasspridning ske på övre plan via södra rullbanden. Vål uppe sprider de ut sig över ovanvåningen. Även i detta fall har en jämförelse gjorts av utrymningen från ovanvåningen med och utan hjälp av nödutgången mitt i gångstråket. Hela centrumet antas behöva utrymmas.

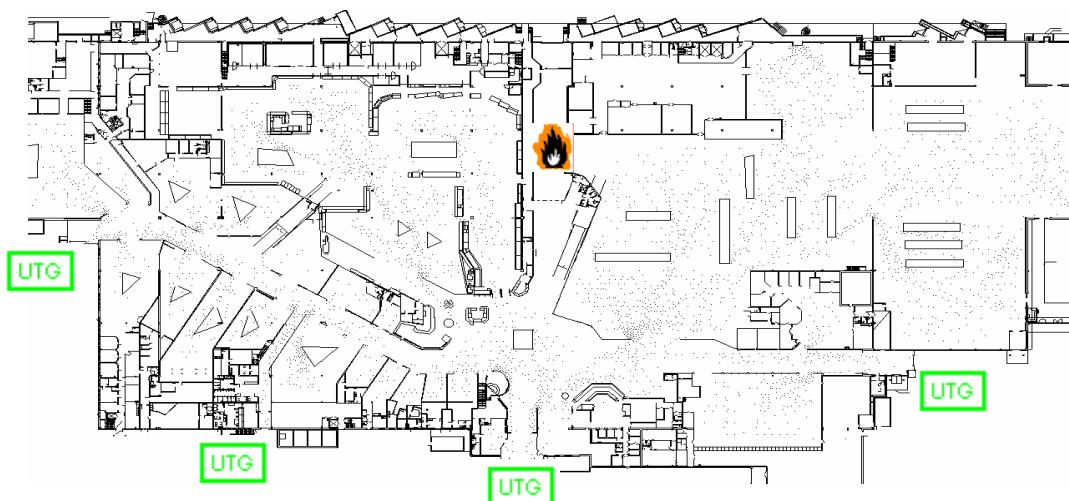
### 6.7.1 Varseblivningstid

Varseblivningstiden ärsatt till sprinklertiden som är 162 sekunder.

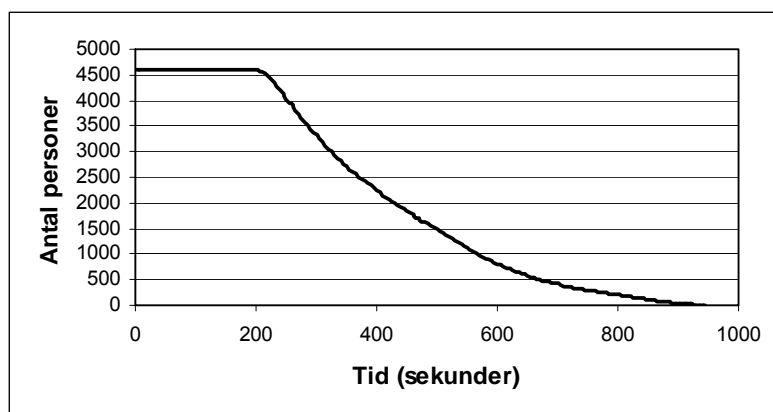
### 6.7.2 Reaktions- och beslutstid

En minut +/-15 sekunder för alla personer inne i centrat.

### 6.7.3 Total utrymning



Figur 68. Total utrymning vid brand i returhanteringen efter 3,5 minuter.



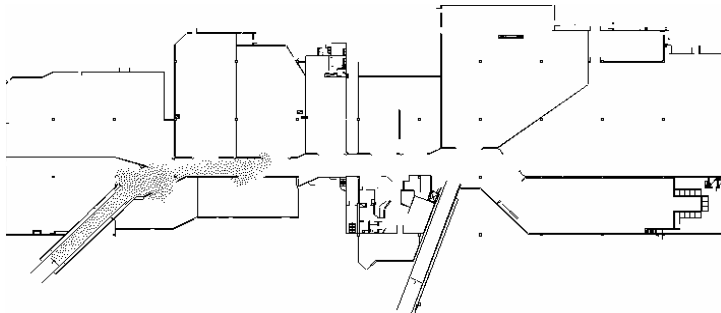
Figur 69. Utrymning av Gränby Centrum vid brand i returhanteringen.

Tabell 20. Tid för utrymning genom samtliga ordinarie utgångar.

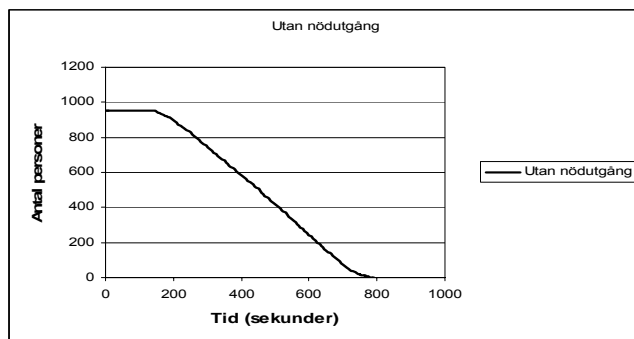
Hela centrat	16 min
--------------	--------

## 6.7.4 Utrymning av övervåning

### 6.7.4.1 Utan nödutgång

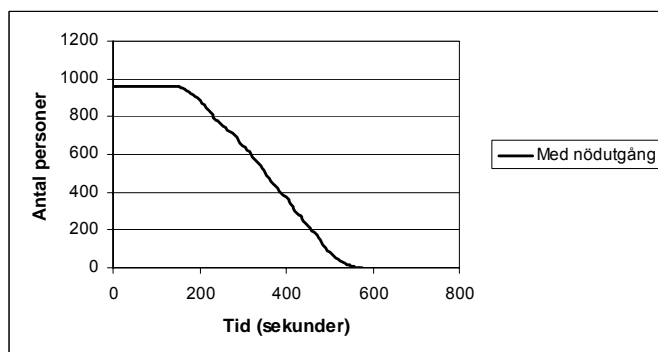


Figur 70. Utrymning av övre plan, utan nödutgång, vid brand i returhanteringen efter 6,5 minuter.



Figur 71. Utrymning av övre plan vid returhanteringen utan nödutgången.

### 6.7.4.2 Med nödutgång



Figur 72. Utrymning av övre plan vid brand i returhanteringen med nödutgång.

Tabell 21. Skillnaden i tid för utrymning i återvinningsförsöket av övervåning med och utan nödutgång.

	Med nödutgång	Utan nödutgång
Utrymning övre plan	10 min	12 min

## 6.8 Val av aktiveringstid för utrymningslarm

I tabellen nedan har även tagits hänsyn till att utrymningslarmsaktiveringen sker manuellt. Som nämnts tidigare i kapitlet bidrar denna parameter till stora osäkerheter i utrymningstiden. Driftspersonal samt väktare är de som kan aktivera utrymningsmeddelandet. Att deras aktivering skulle dröja längre än fyra minuter anses som föga troligt. Avstånden inom köpcentrat är inte längre än att driftspersonal/väktare på två minuter borde hinna springa och kontrollera vad som hänt för på två minuter, springa tillbaks och aktivera utrymnings meddelandet. De arbetar heller inte ensamma och kan alltså samarbeta för att ytterligare minska denna tid. Givetvis är denna tid en stor osäkerhet och skulle kunna vara större.

Hänsyn bör dock tas till att personer i närhet av branden antas börja utrymma direkt och kommer förmodligen få med sig personer i angränsande utrymmen. Det leder således till att en stor del personer kommer att påbörja utrymning innan utrymningsmeddelandet aktiverats. Således anses verklig tid för utrymning ligga i intervallet med tillagda fyra minuter.

## 6.9 Sammanställning av resultat

Simulerade utrymningstider med hänsyn taget till aktiveringstiden för utrymningslarmet presenteras i tabell 21.

**Tabell 22. Sammanställning av tider för utrymning vid de olika brandscenarierna.**

Utrymningsscenario	Tid till utrymning (min)	Med tillägg för utrymningslarmsaktivering 4 minuter (min)	Kommentar
COOP utan nödutgångar	9 enbart COOP. 18 hela centrat	13 enbart COOP. 22 hela centrat.	
COOP med nödutgångar	8 enbart COOP. 13 hela centrat	12 enbart COOP. 13 hela centrat.	
COOP enbart butik med alla nödutgångar	4 minuter	8 minuter	
Hemtex	20 minuter för hela köpcentrat	24 minuter för hela köpcentrat	
Hemtex, gångstråket	4 minuter	8	<i>Inklusive personer i butiker längs norra gångstråket</i>
Hemtex enbart butik	1 minut		<i>Ingen varseblivning- eller eraktionstid</i>
Returhanteringen	16 hela centrat	20 hela centrat	
Returhanteringen enbart övreplan utan nödutgång	12 minuter	16 minuter	
Returhanteringen enbart övreplan med nödutgång	10 minuter	14 minuter	



## 7 Osäkerheter

*I detta kapitel presenteras vilka osäkerheter som finns i samband med analysen av personsäkerheten på Gränby Centrum. Osäkerheterna och begränsningarna förknippade med dator programmen CFAST och Simulex redovisas i de kapitel de används, d.v.s kapitel fyra respektive sex.*

### 7.1 Antaget brandscenario

Det finns en rad parametrar som kan variera och göra att det antagna brandförloppet inte alls blir som förväntat. Nedan tas några av dessa upp och kommenteras.

Brandtillväxten för samtliga scenarier har approximerats med sambandet  $\alpha t^2$ . Detta är det mest använda sambandet vid simulering av brandtillväxt, men speglar inte verkligheten helt. Oftast finns flera olika faser av tillväxthastighet med i ett verkligt brandförlopp. Några tester som exakt matchade våra scenarier har inte hittats och vi har därför nöjt oss med denna approximation.

Förbrinntiden för branden har förbisetts från, en snabb tillväxt mot det maximala effektvärdet startar direkt. På sin väg mot maximal effektutveckling kommer givetvis en viss spridning till omkringliggande material ske och även detta involveras i branden. Detta kan leda till att vi får en helt annan maximeffekt.

Räddningstjänstens inverkan har också helt bortsetts från. De har en insats tid på 10 minuter så rimligtvis är de redo att gå in och släcka en brand inom 15 till 20 minuter. Förvisso har då kritiska förhållanden troligtvis uppstått i brandrummet och möjligtvis angränsande utrymmen.

Hänsyn till inverkan av brandgasluckor har inte gjorts i simuleringarna. Eftersom luckorna kräver manuell öppning, öppnas dessa först när Räddningstjänsten anlämt. Att vädra ut eventuella brandgaser med hjälp av dessa luckor kan bidra till att kritiska förhållanden inte inträffar lika tidigt.

### 7.2 Utrymning

Vid besöket noterades att flera av utrymningsvägarna i bakkant av butikerna var fyllda med varor och annat material vilket kan försvåra en utrymning. Men med tanke på resultatet från enkätundersökningen har vi valt att inte ta hänsyn till dessa utrymningsmöjligheter i simuleringarna.

Persontätheten är en mycket viktig parameter för utrymningstiden. Den täthet vi valt har dock ansetts vara väl tilltagen.

Osäkerheterna kring varseblivning samt reaktions- och beslutstid är stor. Båda tiderna kan bli mycket kortare om branden upptäcks av fler personer och de högljutt börjar utrymma. På samma sätt kan tiden bli längre om driftspersonalen är osäkra i sitt agerande vid aktivering av utrymningslarmet.

Stora osäkerheter finns också inbyggt i programmet då det lätt uppstår onaturliga flaskhalsar.

### 7.3 Byggnadens utformning

I kapitlet ”Värdering av personsäkerhet” tas osäkerheterna för de olika scenarierna specifikt upp. Sammanfattningsvis nämns några av de stora problemen gällande byggnadens utformning som funnits i samband med simuleringarna. Gränby Centrum har väldigt många olika takhöjder och en väldigt komplex takgeometri med ventilationsrör, balkar och undertak. Detta gör det väldigt svårt att förutse hur brandgaserna sprids. Det är dessutom stora ytor utan några brandcellsgränser, vilket leder till att brandgaserna sprids fritt inom hela köpcentrat. Detta har gjort att en hel del kvalitativa antaganden fått göras om hur brandgaserna sprids.

### 7.4 Sprinklerinverkan

Eftersom Gränby Centrum är helsprinklat har vi vid simuleringarna försökt ta hänsyn till detta. Exakt hur branden påverkas av sprinkleraktivering är svår att säga. Vi har valt mellan tre möjliga alternativ. Antingen

släcker den branden, kontrollerar den eller dämpar den temporärt, här har valts den utgång som ansetts mest trolig. Sprinklern antas fungera normalt men kan inte tillskrivas fullständig tillförlitlighet.

Ett ytterligare problem med aktivering av sprinkler är att brandgaserna kommer att kylas, åtminstone lokalt. På samma sätt kommer det lokalt att ske en omblandning av brandgaserna så att sikt här blir sämre.

Personer kan även förväntas påbörja utrymning tidigare om hör en aktiv sprinkler (under förutsättning att de inte uppmärksammat branden tidigare).

Dessa osäkerheter är svåra att hantera, varför de inte medräknats, med motiveringen att framtaget resultat är på säkra sidan.

## **7.5 Ventilationsflöden**

I de tre första brandscenerierna har inte spridning via ventilationssystemet medräknats. Detta beror på att rummen är så öppna att ingen större tryckupbyggnad väntas ske. Helt säkert kan detta dock inte uteslutas.

## 8 Värdering av personsäkerheten

I detta kapitel jämförs resultatet av brand- och utrymningssimuleringarna. Kommentarer ges även på befintligt brandskydd idag.

### 8.1 Utvärderingen av scenarierna

Tabell 23. Sammanställning av kritiska tider, från kapitel 4.7.

Brandscenarie	Tid (min)	Kriterie	Kommentar
COOP	8 respektive 9	Brandgaslagrets höjd	Uppstod i två av tre zonindelningar i CFAST
Hemtex, med sprinkler	3	Strålning	Inne i butiken efter 3 minuter. Strålning från flamman hindrar passage utanför butiken.
Hemtex, utan sprinkler	-	-	Butik övertänd, värden inte pålitliga.
Returhanteringen, med sprinkler	- (sikt 20 minuter)	Sikt	Baserat på kvalitativa antaganden om spridning.
Returhanteringen, utan sprinkler	15 (sikt 8 minuter)	Sikt	Baserat på kvalitativa antaganden om spridning.
Personalutrymme	-	-	Brandgasspridning sker vid 79 kW.

Tabell 24. Sammanställning av utrymningstider 6.9.

Utrymningsscenario	Tid till utrymning (min)	Med tillägg för utrymningslarmsaktivering 4 minuter (min)	Kommentar
COOP utan nödutgångar	9 enbart COOP. 18 hela centrät	13 enbart COOP. 22 hela centrät.	
COOP med nödutgångar	8 enbart COOP. 13 hela centrät	12 enbart COOP. 13 hela centrät.	
COOP enbart butik med alla nödutgångar	4 minuter	8 minuter	
Hemtex	20 minuter för hela köpcentrat	24 minuter för hela köpcentrat	
Hemtex, gångstråket	4 minuter	8	<i>Inklusive personer i butiker längs norra gångstråket</i>
Hemtex enbart butik	1 minut		<i>Ingen varseblivning- eller eraktionstid</i>
Returhanteringen	16 hela centrät	20 hela centrät	
Returhanteringen enbart övreplan utan nödutgång	12 minuter	16 minuter	
Returhanteringen enbart övreplan med nödutgång	10 minuter	14 minuter	

## 8.1.1 COOP

Enligt resultaten i CFAST för brand på COOP uppstår kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd efter åtta respektive nio minuter. Detta gällde zonindelningarna där COOP antogs vara stängt i tak ut till övriga delar av centrat. Stor osäkerhet finns här, men att det inte blir kritiskt kan inte bevisas.

Utrymningssimuleringarna med två nödutgångar i butik använda, visade att om tillägg görs för tid till aktivering av utrymningslarmet, utrymms COOP på 12 minuter. Används inga nödutgångar tar det 13 minuter. Om däremot alla nödutgångar används optimalt tar det knappt 8 minuter att utrymma med samma förutsättningar. Dock antas det i detta fall att personalen hjälper folk ut, varför utrymningen borde kunna påbörjas tidigare än de 4 minuter som pålagts. Då kan COOP utrymmas säkert.

### 8.1.1.1 Slutsats

Det anses inte troligt att alla personer idag använder alla nödutgångar på bästa möjliga sätt, och därför kan inte säker utrymning från COOP bevisas.

## 8.1.2 Hemtex

Ser man enbart på butiken Hemtex är denna lokal så pass liten att utrymning ur denna är klar på en minut. Detta är innan kritiska förhållanden uppstår om sprinkler aktiveras. Dessutom är lokalen lätt överblickbar var man än befinner sig i butiken.

Även om inga kvantitativa resultat kunde fås då sprinkleraktiveras förefaller det sannolikt att personer skulle hinna ut, även om sprinkler skulle falla och en brand ledde till övertändning.

Osäkerheterna i samband med brandscenariot inne på Hemtex är främst vad som händer med brandgaserna då dessa strömmar ut från Hemtex. Takhöjden på 6,5 meter utanför är betydligt högre, så om brandgaserna fortfarande har termisk stigningskraft kommer de att stiga upp i taket, i annat fall kommer de spridas jämnt ut ur öppningen. Stiger brandgaserna är det oerhört svårt att säga vart de sedan blir av. Som vi också simulerat kommer troligtvis frånluftsfläkten dra till sig det mesta. Frånluftsfläkten har en kapacitet på 11 kg/s och massflödet av brandgaser upp vid norra rullbandet har uppskattats till 0,4 kg/s, så fläkten klarar utan vidare av att ta hand om brandgaserna.

Skulle brandgaserna inte ha termisk stigningskraft kommer de istället att fylla upp gångstråken utanför Hemtex. Det mest troliga är sedan att brandgaserna följer gångstråken och fyller på denna successivt. För såväl norra utgången som mellanutgången är tiden till utrymning enligt Simulex fyra minuter, därefter tar sig inget folk ut genom dessa utgångar. Båda dessa utgångar ligger cirka 25 meter ifrån Hemtex, för att brandgaserna som rör sig med 1 cm/s ska nå ditt tar det väsentligen mycket längre tid. Att brandgaserna når norra, mellan och västra utgången innan utrymningen är genomförd är inte troligt.

### 8.1.2.1 Slutsats

Skulle sprinklern inte fungera och en övertändning sker i lokalen uppstår kritiska förhållanden mycket snabbare. Detta har dock inte styrkts med beräkningar och simuleringar varför slutsatser om personsäkerheten inte kan dras i detta fall.

Då bedömningen gjorts att inga brandgaser skulle nå övre plan anses personer här inte vara i fara. Utbredningen av de kalla brandgaserna sker så pass sakta att det inte anses troligt att dessa skulle breda ut sig över centrat innan genomförd utrymning av hela centrat på 20 minuter. Utrymningen anses därför säker.

## 8.1.3 Returhanteringen

Vid brand i returhanteringen antas personer vara utom fara då de kommit ner för norra rullbandet, eller utrymt via utrymningskorridoren i mittgången mellan butikerna. För att förhållandena ska vara kritiska måste brandgaserna hunnit nå personerna. I det brandscenarie där sprinklern inte klarade av kontrollera branden blev tiden i utrymningssimuleringarna för utrymning av övre plan utan hjälp av utrymningskorridoren ca 16 minuter.



Sikten i brandgaserna blir kritisk efter ca 8 minuter och den har då fyllt halva övre plan. Brandgaserna når dock inte fram till norra rulltrappan förrän efter ca 15 minuter. Marginalen är dock inte god om aktivering av utrymningslarmet tar tid, men som nämnts borde resterande personer kunna utrymma i bakkant av butikerna (se figur 1).



**Figur 73. Brandgasernas tänkbara utbredning efter 15 minuter vid brand opåverkad av sprinkler.**

#### 8.1.3.1 Slutsats

Vid en brand som inte kontrolleras av sprinkler kan det inte uteslutas att ett mindre antal personer är kvar på övre plan. Dessa har dock fortfarande möjlighet att ta sig ut i bakkant på butikerna Dressman och Intersport. (vita butiker i figur 72. Se även figur 1). Personersäkerheten anses därför vara tillräcklig.

### 8.1.4 Personalutrymme

I detta scenario har inga utrymningssimuleringar gjorts då utrymning från rummet som har golvytan 6,25 m<sup>2</sup> kan ske på tillfredsställande sätt.

Fokus låg istället på huruvida spridning kunde ske via ventilationen. Detta var möjligt och spridning skulle i så fall äventyra säkerheten i angränsande personalutrymmen.

#### 8.1.4.1 Slutsats

Trots att rummen i centrat i allmänhet är mycket otäta är dock brandgasspridning via ventilationssystemet en fara för personersäkerheten i de rum som är tätare.

## 8.2 Bedömning av befintligt brandskydd

Gränby Centrum är ur byggnadsteknisk synvinkel en tålig konstruktion som i huvudsak är uppförd i betong. Att bygga allt i en och samma brandcell anses tillåtet om sprinkler installeras i hela byggnaden, så är fallet i Gränby Centrum. Innebörden av detta kan diskuteras men enligt praxis är det så köpcentrum byggs.

I avsnittet om befintligt brandskydd nämndes att det i byggnaden finns flera system som aktiveras vid en eventuell brand. Det finns ett sprinklersystem som aktiveras, en forcering av frånluften i brandutrymmet och en tilluftsforcering i övriga ventilationssystem. Det finns även möjlighet till manuell öppning av brandgasluckor. Hur dessa system är tänkta att påverka brandförloppet är känt, men då de används samtidigt är resultatet mer osäkert. Samtidig aktivering av alla system bör således göras med omdöme. Sprinklern kan exempelvis kyla brandgaserna så att deras termiska stigkraft försvinner. Då brandgasluckor bygger på principen om termisk stigkraft i brandgaserna upphör dessa att fungera om stigkraften försvinner.

Det är väldigt svårt att förutse brandgasspridningen, och hur denna försvårar utrymningen, i och med de stora ytor som är kontakt med varandra. Ventilationssystemet kommer ha en viss inverkan vid brand. Till vilken grad det kommer att vara inblandat kan läsas mer om i avsnittet om ventilation (kapitel 2.7.2).

Osäkerhet råder kring huruvida erforderlig mängd tilluft har beaktats vid dimensionering av brandgasluckor. Saknas möjligheten för tilluft kan funktionen med den termiska ventilationen försvinna helt.

Enligt centrals tekniske förvaltare, Mats Ahlstedt, finns problem med att butikerna tillfälligt placerar material i utrymningsvägarna. På Gränby Centrum arbetar driftspersonalen aktivt för att åtgärda detta. Man sätter upp klisterlappar med anvisningar om att sakerna forslas bort om de inte är borttagna inom en viss tid. Vid besöket fanns dock en del saker kvar med gamla klisterlappar, varför åtgärderna ändå inte anses vara tillräckliga.

Dessutom regleras hårt vad som får stå i gångstråken utanför ingångarna till butikerna samt hur olika nöjesevenemang får arrangeras för att inte påverka möjligheterna att utrymning kan ske säkert. Detta löses genom att markeringar i golvet visar var det är tillåtet att placera saker.

Brandförvarstablån är placerad innanför dörrarna vid mellaningången till centrat. Detta anses olyckligt då denna utgång används som utrymningsväg och kan påverka framkomlighet för både de utrymmande och Räddningstjänsten.

Manuella larmknappar för aktivering av utrymningslarmet saknas. Detta innebär att enda möjligheten för allmänheten att larma är att ringa 112. Fasta brandposter är strategiskt utplacerade och väl uppmärkta i byggnaden. Detta ökar chansen för en lyckad första insats.

Brandlarmet är kopplat direkt till Räddningstjänsten. På plats tas beslut i samråd med driftspersonalen om åtgärder.

Att det saknas insatsplan, vilket omnämns i kapitel 2.6, för ett så stort objekt som Gränby Centrum anses vara en allvarlig brist. För en effektiv insats behövs god kännedom om objektet och dess resurser så att t.ex brandgasluckor och forcering av ventilationssystemet kan användas på effektivt sätt. Då det finns möjlighet till utrymning via taket måste Räddningstjänsten ha försäkrat sig om att ingen använder denna utrymningsväg om brandgasluckorna skall användas. Detta är uppgifter som kan ingå i en insatsplan.

Allvarligt är också att en stor del många av de åtgärder som föreslogs i senaste brandsynsprotokollet inte åtgärdats.

### **8.3 Övergripande värdering av personsäkerheten**

I beräkningarna och simuleringarna av valda brandscenarier fann vi i vissa fall att utrymningen var otillfredsställande. Dock är beräkningarna i CFAST på kritisk tid förknippade med stora osäkerheter varför dessa resultat inte kan garantera att det inte skulle kunna bli kritiskt tidigare i verkligheten.

Av utrymningssimuleringarna påvisas skillnader i tid då utrymningsvägarna användes eller inte. Därför anses nyttjande av dessa vara viktig. Framförallt då hänsyn inte tagits till evakuering av äldre- och rörelsehindrade personer. Viktigt är därför att utrymningsvägarna är fria från hindrande material.

En parameter som inverkar mycket på utrymningstiden, vilket nämnts i kapitel 6.4.2 och 6.8, är tiden det tar från det att brandlarm gått till dess att driftspersonal eller väktare har aktiverat utrymningslarmet. Många olika faktorer kan medföra att detta aktiveras i ett sent skede vilket skulle kunna leda till betydligt längre tid för utrymning. Detta anses inte vara bra för personsäkerheten i centrat.

Kan det säkerställas god ordning i utrymningsvägar, att personal aktivt hjälper folk ut, samt att tidig aktivering av utrymningslarmet sker, anses det, mot bakgrund av de scenarier som studerats i denna rapport och statistik över personskador inom handeln (kapitel 3.1.1), att personsäkerheten på Gränby Centrum är god.

## 9 Förslag till förbättringar

Här presenteras förslag till åtgärder för att förbättra personsäkerheten på Gränby Centrum enligt den analys som gjorts i rapporten. Dessa förslag är indelade i åtgärder som skall genomföras samt åtgärder som bör genomföras.

### 9.1 Åtgärder som skall genomföras

Nedan presenteras förslag på åtgärder som *skall* genomföras för att öka personsäkerheten ytterligare.

- Tidsinställd aktivering av utrymningslarm.
- Förbättra butikspersonalens kännedom om rutiner vid brand.
- Säkerställa bättre ordning i utrymningsvägarna.
- Se till att de brister som påpekas i utförda besiktningsprotokoll åtgärdas.

#### 9.1.1 Tidsinställd aktivering av utrymningslarm

För att aktivering av utrymningslarmet inte skall ske för sent borde det aktiveras automatiskt om inte driftspersonal inom kort tid konstaterat falsklarm. Driftspersonalen skall dock fortfarande kunna aktivera larmet manuellt, innan automatisk aktivering, om faktisk brand konstateras.

Denna åtgärd skulle minska osäkerheten kring tiden som lagts till för utrymningslarmsaktivering. Hade t.ex denna tid satts till tre minuter kan sägas att tillsammans med drillad personal är utrymning från COOP säker. Detta visas tydligt i utrymningssimuleringen av COOP där personal antas hjälpa kunder så att nödutgångarna används optimalt.

#### 9.1.2 Förbättra butikers kännedom om rutiner vid brand

Genomgång av butikspersonalens agerande vid brand skall göras. Utrymningssimuleringarna visade att dessa har stor möjlighet att förkorta tiden för utrymning genom aktivt agerande. Dessa personer har även stor möjlighet att förhindra en brand genom en tidig första släckinsats, då de kan förväntas ha bättre kännedom om var brandposter och handbrandsläckare finns placerade.

*Lagen om skydd mot olyckor* som trädde i kraft i januari 2004 ställer krav på att ägaren eller nyttjanderättsinnehavaren av t.ex. ett köpcentrum, bedriver systematiskt brandskyddsarbete. Idag bedrivs till viss del redan systematiskt brandskyddsarbete på de aktiva systemen. För butikspersonalen finns en centrumpärm där information om utrymning, återsamlingsplats och annan information om brandrutiner finns samlad. Denna rapport har inte tagit del av innehållet i denna informationspärm, men anser att det i pärmen skall ingå som uppgift för personalen att vara aktiva vid utrymning. Kontroll av att denna information når fram till personalen skall ingå i det systematiska brandskyddsarbetet.

#### 9.1.3 Säkerställa bättre ordning i utrymningsvägar

För att utrymningsvägarna skall kunna användas tillfredställande krävs att dessa är fria från föremål. Ansvaret för att utrymningsvägar är fria från föremål ligger på fastighetsägaren. Dock är det svårt att för denne genomföra detta på egen hand. Möte mellan fastighetsägare, butikshefer och Räddningstjänst kan möjligen få alla parter att inse vikten av fria utrymningsvägar.

#### 9.1.4 Åtgärdande av brister påpekade i besiktningsprotokoll

I besiktningsprotokollet från 2003-12-16 påpekas en rad brister hos många butiker. I protokollet står att bristerna bör åtgärdas snarast, dock senast 2004-08-02. Vid besöket 2004-09-18 hade vissa av bristerna ännu inte åtgärdats. Besiktningen bekostas av fastighetsägaren som, i och med den nya lagen, *lagen om skydd mot olyckor*<sup>32</sup>, ytterst också är den som är ansvarig för brandskyddet i byggnaden. Det ligger således i dennes intresse att brandskyddet är fullgott.

---

<sup>32</sup> Hermelin, 2004

## 9.2 Åtgärder som bör genomföras

Nedan presenteras förslag på åtgärder som *bör* genomföras för att öka personsäkerheten ytterligare.

- Se över möjlighet att omplacera brandförvarstablån
- Upprättande av insatsplan för Räddningstjänsten.

### 9.2.1 Se över möjlighet att omplacera brandförvarstablån

I dag kan placeringen av brandförvarstablån bli ett problem då utrymmande personer och Räddningstjänsten kan komma att behöva utnyttja samma yta. I utrymningssimuleringen användes inte denna utgång efter fyra minuter, men då enkätundersökningen visade att nästan hälften av personerna skulle ta sig ut samma väg som de kom in, kan det inte uteslutas att fler personer utrymmer denna väg och då stöter på Räddningstjänsten.

### 9.2.2 Upprättande av insatsplan för Räddningstjänsten

En insatsplan bör upprättas för att Räddningstjänsten skall veta vilka förutsättningar objektet har, vilka problem som kan uppstå och vilka resurser som krävs.

## Referenser

### Böcker

Brandteknik LTH (2002), *Brandskyddshandboken*, Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Karlsson B. & Quintiere J. G. (1999), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press,

Drysdale D (1985), *An introduction to Fire Dynamics*, St. Edmundsbury Press, Suffolk.

Hermelin J, Schnell G, Dryselius H (2004), *Lagen om skydd mot olyckor beskrivningar & kommentarer*, Svenska brandskyddsföreningen, Ekblad & Co.

### Rapporter och handböcker

Abrahamsson L, Ekström D, Kråling A, Åkesson L (2003), *Brandteknisk riskvärdering av Linden köpcentrum, Norrköping*, Rapport 9210, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Boverket (2002), *Boverkets byggregler*, BBR, BFS med ändringar till och med 2002:19, Boverket, Karlskrona.

Fire Safety in Shopping Centers (1998), Fire code reform research program, Victoria, Australien.

Frantzich H. (2001), *Tid för utrymning vid brand*, Räddningsverket, Karlstad.

Hultquist H. (2000), *Simulating visibility in HAZARD I/CFast*, Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Jensen L. (2002), *Brandgasspridning via ventilationssystem*, Avdelningen för installationsteknik Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Sedin G. (2003), *Brandskyddsbeskrivning. Redovisning av befintligt brandskydd 2002-08-05, rev 2003-05-26*, Brandskyddslaget, Stockholm.

Särdgvist S (1993), *Initial Fires. RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*. Rapport 3070 Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

National Fire Protection Association & Society of Fire Protection (1988), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Babrauskas kapitel 2 burning rates*, Quincy National Fire Protection Association, USA.

### Övriga källor

Ahlstedt Mats, teknisk förvaltare Gränby Centrum. (2004).

Dahlberg Patrik, brandingenjör Uppsala brandförsvär (2004).

Dohan Fredrik, butiksbiträde ICA Supermarket Gränby Centrum (2004).

Frantzich Håkan, universitetslektor Brandteknik LTH (2004).

Gojkovic Daniel, universitetsadjunkt Brandteknik LTH (2004).

Jensen Lars, Professor Installationsteknik LTH (2004).

Skandia Näringsliv (1986), *Fullskaliga brandförsök i industrimiljö*, LODDBY.

Stroup D.w. (1985). Utgivare av datorprogrammet Detact-T2.

### Internet

[www.graenbycentrum.se](http://www.graenbycentrum.se) 2004-10-11

[www.srv.se](http://www.srv.se), 2004-09-14

## **Bilagor**

## Bilaga 1 Befintligt brandskydd

Nedanstående text kring utrymningsmeddelande och brandceller är hämtade från brandskyddsdokumentationen<sup>33</sup>.

### Utrymningsmeddelande Gränby Centrum:

1: ”Meddelande! Brandlarm har utlöst och personal undersöker orsaken. Avvakta annat besked”. *Tid 9 sekunder + paus 6 sekunder, totalt 15 sekunder*

2: ”Viktigt meddelande! BRANDFARA! LÄMNA alla varor och UTRYM lokalen via närmast grönskyldad nödutgång. DANGER! FIRE! Escape the building thru the emergency exit”. *Tid 16 sekunder*

3: ”Meddelande! Orsak till brandlarm åtgärdad, faran över!” *Tid 6 sekunder.*

### Brandceller

(För att se exakt var utrymmena är placerade krävs planritning.)

#### Brandceller i flera plan

Trapphus i byggnadens hörn (linje J/03)

Trapphus med rund trappa tillsammans med utrymningskorridor som mynnar i främre långsidan (linje H/02)

Avskiljd trappa från två butiker i övre plan som i markplan mynnar direkt i fasad i bakre långsida. (linje B/1)

Utrymningskorridor från mitten av butiksgata i övre plan (vid linje 7)

Trappa och hisshall (mellan linje 10 och 11) invid bakre långsidan som mynnar i bakre långsida mot lastkaj

Korridor/trapphall (mellan linje 13 och 14) i övre plan som leder till avskiljd del i markplan

#### Brandceller enbart i markplan

Norra Utrymningskorridoren mot bakre långsidan (mellan linje 02 och 03) mot entré från Norra Butiksgatan.

Nytt trapphus med rund trappa tillsammans med tillhörande utrymningskorridoren vid (linje H/02)

Norra Utrymningskorridoren mot främre långsida (vid linje 2) med entrén från norra butiksgatan

Bankomat i anslutning till närmast ovanstående utrymningskorridor.

#### Brandceller enbart i övre plan

Det finns inga sådana. Alla avskilda brandceller innefattar två plan.

---

<sup>33</sup> Brandskyddslaget, 2003-05-26

## Bilaga 2 Luftförsörjning

### *Uteluftsintag ett*

Uteluften förs in i ett från- och tilluftssystem för att sedan passera en tilluftsfläkt vars flöde går in i en tryckkammare innehållande sex värme- kylbatterier som genererar ett totalt flöde på 116835 m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 1 nedan).

Frånluften från de två frånluftsaggregaten ovanför rulltrappan, från butikerna 114, 116, 119 samt passagen på undervåningens norra del förs upp i en sugkammare (flöde 118835m<sup>3</sup>/h) för att sedan passera en roterande värmeväxlare där frånluftens värme återvinns.

### *Uteluftsintag två*

Uteluften förs in i ett tilluftssystem för att sedan passera en tilluftsfläkt som genererar tilluften till tre värme- kylbatterier med ett totalt flöde på 48796 m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 2 nedan).

### *Uteluftsintag tre*

Uteluften förs in i ett tilluftssystem för att sedan passera en tilluftsfläkt som genererar tilluften till tre värme- kylbatterier med ett totalt flöde på 81700 m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 3 nedan).

### *Uteluftsintag fyra*

Uteluften förs in i ett tilluftssystem där luften passerar en tilluftsfläkt och värme- kylbatteri därefter delas tilluften till tio värmebatterier som har ett totalt flöde på 39893m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 4 nedan).

### *Uteluftsintag fem*

Uteluften förs in i ett tilluftssystem för att sedan passera en tilluftsfläkt och värme- kylbatteri som genererar tilluften till två värme- kylbatterier och ett värmebatteri med ett totalt flöde på 13170 m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 5 nedan).

### *Uteluftsintag sex*

Uteluften förs in i ett tilluftssystem för att sedan passera en tilluftsfläkt och värme- kylbatteri som genererar tilluften till två värme- kylbatterier och ett värmebatteri med ett totalt flöde på 11000 m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 6 nedan).

### *Uteluftsintag sju*

Uteluften förs in i tre från- och tilluftsaggregat med ett totalt flöde på 17920 m<sup>3</sup>/h (se uteluftsintag 7 nedan). Värmeåtervinning av frånluften sker.

### *Uteluftsintag åtta*

Uteluften förs in i ett från- och tilluftsaggregat (flöde saknas). Värmeåtervinning av frånluften sker.

### *Uteluftsintag nio*

Tilluften förs in i ett från och tilluftsaggregat (flöde saknas). Värmeåtervinning av frånluften sker.

## Uteluftsintag 1



Värme- kylbatteri	försörjer utrymme	Flöde (m3/h)
1	butik 115	3026
	butik 116	12600
	butik 117	2290
	butik 119	10650
	passage	2000
	<b>summa</b>	<b>30566</b>
2	butik 112	3789
	butik 113	5730
	butik 114	5100
	passage	3000
	<b>summa</b>	<b>17619</b>
3	butik 120	5550
	butik 121	2700
	butik 122	1000
	<b>summa</b>	<b>9250</b>
4	butik 202	7000
	butik 203	9000
	butik 204	3000
	<b>summa</b>	<b>19000</b>
5	butik 205	3000
	butik 206	11600
	butik 207	18700
	butik 211	4000
	<b>summa</b>	<b>37300</b>
6	pers.utr. 202	700
	pers.utr. 203	1000
	pers.utr. 205	200
	pers.utr. 206	400
	pers.utr. 208	600
	pers.utr. 211	200
	<b>summa</b>	<b>3100</b>
	<b>totalt flöde</b>	<b>116835</b>

## Uteluftsintag 2

Värme- kylbatteri	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	ica lager, pers.utr.	32030
2	PR	saknas
3	ica varuhall	16766
	<b>summa flöde</b>	<b>48796</b>

### Uteluftsintag 3

Värme- kylbatteri	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	coop varuhall	48700
2	coop lager	2200
3	coop varuhall	30800
	<b>summa flöde</b>	<b>81700</b>

### Uteluftsintag 4

Värme- kylbatteri	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	div butiker, pers.utr nedre vån	39893
	<b>summa flöde</b>	<b>39893</b>

### Uteluftsintag 5

Värme- kylbatteri	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	ica lager	7270
2	coop pers.utr	2600
3	café entresol	3300
	<b>summa flöde</b>	<b>13170</b>

### Uteluftsintag 6

Värme- kylbatteri	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	ica varuhall	3480
2	ica varuhall	4520
3	coop varuhall	3000
	<b>summa flöde</b>	<b>11000</b>

### Uteluftsintag 7

från och tilluftsaggregat	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	försäkringskassan	3500
2	försäkringskassan	9570
3	försäkringskassan	3000
	<b>summa flöde</b>	<b>17920</b>

### Uteluftsintag 8

från och tilluftsaggregat	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	Bank	data saknas
	<b>summa flöde</b>	<b>saknas</b>

## Uteluftsintag 9

från och tilluftsaggregat	försörjer utrymme	flöde (m3/h)
1	systembolag	data saknas
	<b>summa flöde</b>	<b>saknas</b>


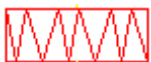
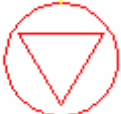



## Flödesberäkningar

Uteluftsintag	flöde (m3/h)
1	116835
2	48796
3	81700
4	39893
5	13170
6	11000
7	17920
8	saknas
9	saknas
<b>summa flöde</b>	<b>329314 (91476 l/s)</b>

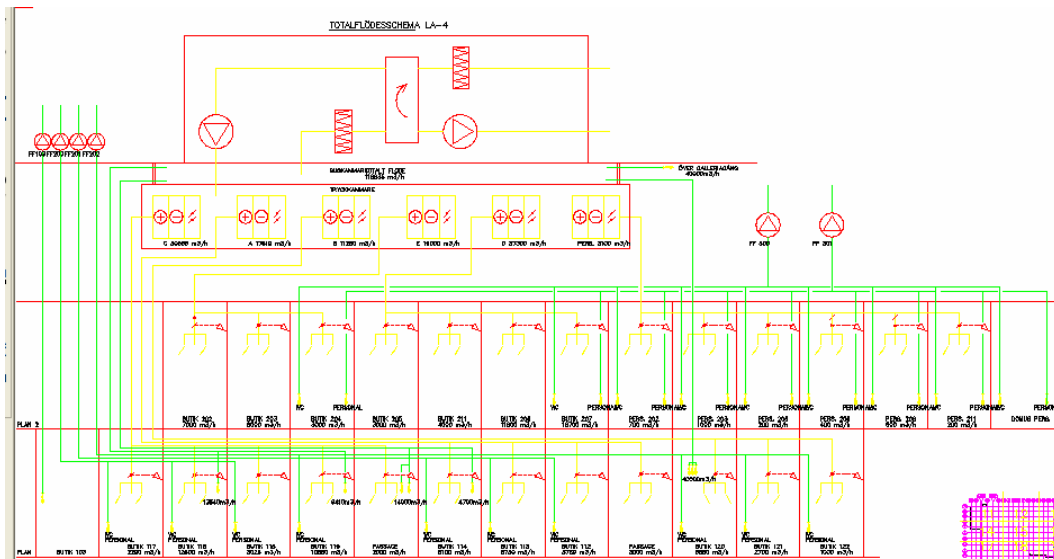
## Butiksförteckning

112	Duka/Kicks	202	Dressman/Intersport
113	Hemtex	203	JC
114	Apotek	204	Jack & Jones
115	Rocks	205	Handskmakar'n
116	Power	206	Lindex
117	Power service	207	KappAhl
119	H&M	211	Wedins skor
120	BR Leksaker		
121	Gallerix		
122	Stjärnumakarna		

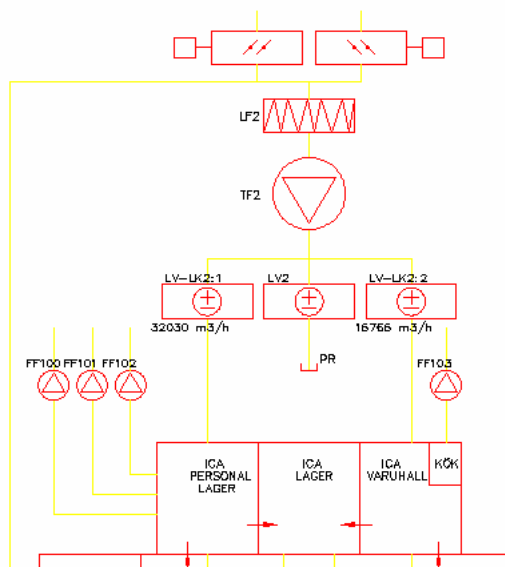
## Uteluftsintag symbolförklaringar

	flödesreglage
	luftfilter
	fläkt, FF frånluftsfläkt TF tilluftsfläkt
	värme- kylbatteri
	värme batteri
	roterande värmväxlare

## Uteluftsintag ett

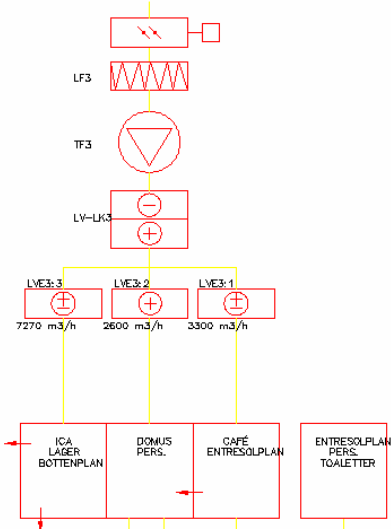


## Uteluftsintag två

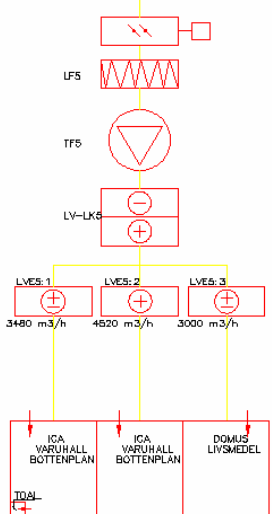




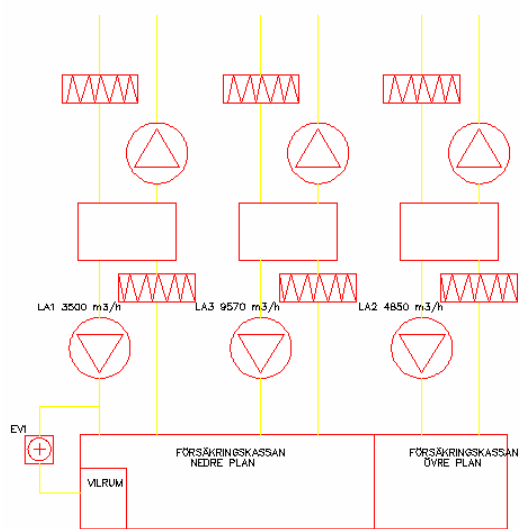
# Uteluftsintag fem



# Uteluftsintag sex



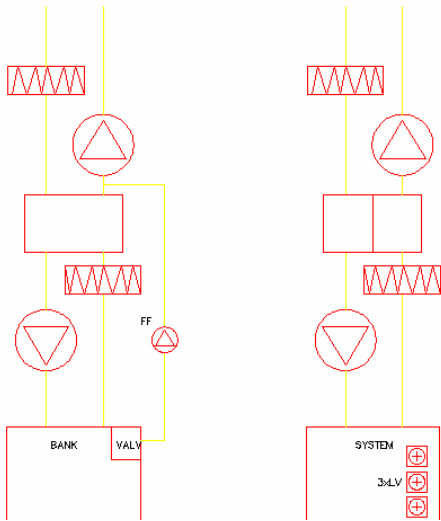
# Uteluftsintag sju



# Uteluftsintag åtta och nio

Åtta

Nio



## Bilaga 3 Beräkningar brandscenario COOP

### Rumsbeskrivning

Takhöjden där pappret finns är 4,5 m och utanför 5,9 m respektive 7,9 m se ritning.

Höjd till rökskärm från golv 2, 94 m.

Balkar ovanför tak: 0,4 m höga och en bredd på 0,7 m mellan balkarna. Löper i nord-sydlig riktning.

Sprinkler är placerat i taket 4,1 m ovanför golvnivå. Avstånd mellan sprinklerhuvud är 3 m och avstånd mellan sprinklerledningar är 3 m.

Hyllplan	Norra	Mitten	Pall
Mått l,b,h (m)	12, 0,5, 3	10, 1,2 2	2, 2, 1,5
Golvarea m <sup>2</sup>	6	12	4

### Effektberäkning

Pappret antas brinna liknande fulla postsäckar 1,5 meter höga<sup>34</sup>. Dessa utvecklar en effekt av 400kW/m<sup>2</sup>(golvarea). Pappret inne på COOP står staplat upp till 3 meter på vissa ställen vilket kommer att innebära att lågorna nerifrån det papper som brinner vid golvet kommer att sträcka sig upp längs ”pappersväggen”. Detta kommer att medföra en ökad strålning och därmed också ökad avbrinningshastighet för det papper som finns längst upp. Brinntiden kommer därmed minska vilket kan ge minskad maxeffekt, men med hur mycket är svårt att förutspå.

Eftersom höjden på pappersstaplarna är dubbelt så höga fördubblas också ytan med en faktor två på de två hyllplanen.

$$\text{Area pallar} = 2 \cdot 2\text{m} = 4\text{m}^2$$

$$\text{Area hyllplan (mitten)} = 1,2 \cdot 10\text{m} = 12\text{m}^2$$

$$\text{Area hyllplan (vägg)} = 0,5 \cdot 14\text{m} = 7\text{m}^2$$

$$\Sigma \text{ area} = 4 + 2 \cdot (12+7) = 42\text{m}^2$$

Eftersom inte allt papper kan brinna samtidigt antas maxeffekten som mest uppnås till halva brandarean på 22 m<sup>2</sup>.

$$\text{Beräknad maxeffekt} = 400 \cdot 22 = 8,8 \text{ MW}$$

### Bränslekontrollerad eller inte

Begränsningar av effektkurva

$$\text{Vikt för 6 rullar toalettpapper} = 721\text{g (lambi)}$$

$$\text{Höjd} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Bredd} = 10 \text{ cm}$$

Antalet toalettrullar

$$\text{Norra stapeln: } 15\text{st på höjden och } 3 \text{ i bredden och längd } 14 \text{ meter} = 6300 \text{ st.}$$

$$\text{Mellan: } 10 \text{ st på höjden, } 3 \text{ i bredd och } 10 \text{ meter} = 3000 \text{ st.}$$

$$\text{Pall 2 st: } 14 \text{ st på höjden, } 10 \text{ i bredd och } 8 \text{ i längd meter längd} = 2200$$

$$\text{Summa toalettpapper blir } 6300+3000+2200 = 12000$$

$$\text{Summa vikt papper} = 12000 = 2000 \text{ st sexpack} = \mathbf{2600 \text{ kg papper}}$$

Energiinnehållet i Cellulosa powder enligt SFPE Handbook är 25,6 kJ/g. Detta ger ett energiinnehåll på  $25,6 \cdot 2600 = 67000 \text{ MJ}$

Integrering under effekt/tid-kurvan (från kapitel 3.3.2) tills dess att 8,8 MW ger en energimängd på 2312 MJ. Detta innebär att branden inte kommer att begränsas av energiinnehållet i pappersrullarna.

<sup>34</sup> Karlsson&Quintiere, 1999



Tid till maxeffekt  
 Maxeffekt = 8,8 MW  
 Alfa-värde = 0,19 kW/s<sup>2</sup>

Branden växer enligt en ultrafast tillväxt tills det att sprinklers löst ut. Därefter antar branden en mediumtillväxthastighet tills det att den uppnått maxeffekt.

### Tid till sprinkleraktivering

Denna tid har beräknats med datorprogrammet Detact-T2.

Indata

RTI ((m*s) <sup>0,5</sup> )	detector spacing (m)	activation temperature (°C)	Detector rate of rise (°C/min)	Ceiling height (m)	Ambient temperature (°C)	growth rate	alfa (kW/s <sup>2</sup> )
90	3	68	500	4,1	20	<i>UF</i>	0,19

Aktiveringstid 0,8 min = 48 sekunder.

Effekt vid 48 sekunder är  $48^2 \cdot 0,19 = 438$  kW

$$\text{Tid maxeffekt} = \left( \frac{8800 - 438}{0,012} \right)^2 = 835 \text{ sekunder}$$

## Bilaga 4 Beräkningar brandscenario Hemtex

### Rumsbeskrivning

Butikens geometri:

Takhöjd=3,43 m

Golv area= 70 m<sup>2</sup>

Dörröppning bredd=4,8 m

Dörröppning höjd=2,36 m

Sprinkler data:

RTI värde=70-90

Temp= 68 C

Avstånd mellan sprinkler= 3m

### Beräkningar

Nedan följer formler, diagram och de beräkningar som används vid framtagning av troliga effektkurvor.

#### Ventilationskontrollerad brand

Formeln är hämtad från brandskyddshandboken<sup>35</sup>.

$$\dot{Q}_{\max} = 1500 \cdot A_v \cdot \sqrt{h_v}$$

Q<sub>max</sub>= maxeffekt [kW]

A<sub>v</sub>= Area öppning [m<sup>2</sup>]

H<sub>v</sub>= Höjd öppning [m]

$$1500 \cdot (4,8 \cdot 2,36) \cdot \sqrt{2,36} = 26103 \approx 26MW$$

#### Sprinklerkontrollerad brand

Tiden till sprinkler aktivering har beräknats med hjälp av datorprogrammet Detact-T2. De indata som stoppats in framgår av tabellen nedan. Vad som kan kräva en kommentar är "Detector rate of rise". Detta värde har ingen relevans när det gäller temperatur aktivering utan tar hänsyn till en temperatur stegring detta är vi inte intresserade av. Värdet är därför satt till 500 °C/min för att inte störa övrig resultat. Måttet 3 meter är uppskattat då vi inte har tillgång till någon sprinkler ritning.

#### Indata

RTI ((m*s) <sup>0,5</sup> )	detector spacing (m)	activation temperature (°C)	Detector rate of rise (°C/min)	Ceiling height (m)	Ambient temperature (°C)	growth rate	alfa (kW/s <sup>2</sup> )
90	3	68	500	3,43	20	F	0,04689

Programmet ger alltså en tid till aktivering på 2.47 minuter eller 148 sekunder.

Inledningsfasen då bara kudden brinner och övrigt material alltså inte är involverat i branden är satt till 30 sekunder. Dessa två tider tillsammans ger totaltiden 178 sekunder.

Insatt tid i formeln  $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$  ger Q<sub>max</sub> vid sprinklerns inverkan.

Q = effekt [kW]

α = tillväxt faktor [kW/s<sup>2</sup>]

t = tid [s]

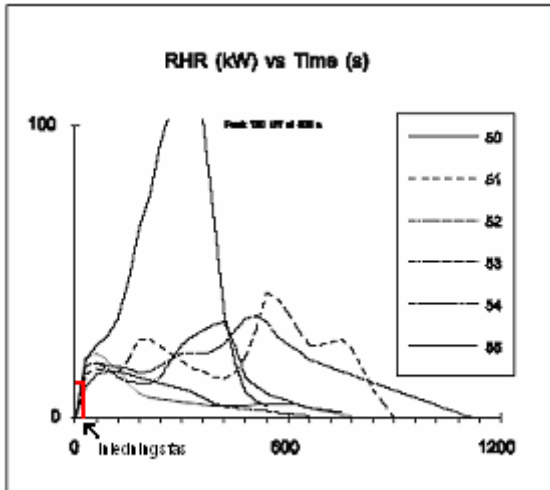
Tillväxthastigheten sätts till *fast* dvs α= 0,047 kW/s<sup>2</sup> med detta kan Q lösas ut.

$$Q = 0,047 \cdot 178^2 = 1489kW \approx 1,5MW$$

För att få inledningsfasen av branden har följande kurva från SFPE handboken<sup>36</sup> använts.

<sup>35</sup> Brandteknik LTH, 2002.

<sup>36</sup> SFPE Handbook, 1988.



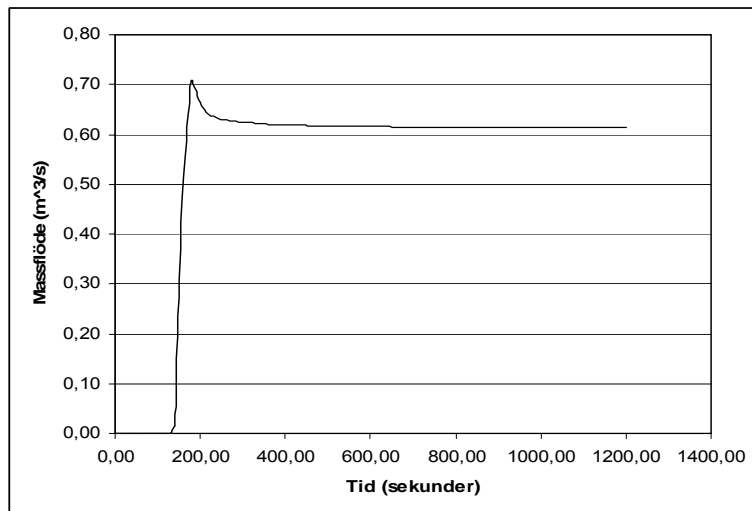
**Figur 74.** Experiment genomförda på ett antal olika kuddar<sup>37</sup>.

Man kan tydligt se här att samtliga kuddar har samma tillväxt i början. Enligt  $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$  blir

$\alpha = \frac{25}{30^2} = 0,028 \text{ kW} / \text{s}^2$  detta motsvarar en mer en fast tillväxt än en ultra fast därför har fast valts även för resten av kurvan. En ultra fast tillväxt gäller främst poolbränder

<sup>37</sup> SFPE Handbook, 1988.

## Beräkningar i samband med simulering Hemtex



Figur 75. Massflöde.

Först görs massflödet om från kg/s till m<sup>3</sup>/s eftersom det är av intresse, från Cplot fås nämligen massflödet i kg/s. Genom att anta att densiteten för brandgaserna är den samma som för luft vid aktuell temperatur kan denna omskrivning göras på ett enkelt sätt. Brandgasernas temperatur är 65°C detta ger en densitet på 1,043 kg/m<sup>3</sup>, samtliga tabell värden divideras med 1,043kg/m<sup>3</sup> för att få m<sup>3</sup>/s som funktion av tiden (sekunder) figur 1 ovan erhålls då. Med hjälp av denna kan integreras fram att efter ca 200 sekunder har vi en volym i passagegången på 32,1 m<sup>3</sup>. Därefter kan med god approximation sägas att tillskottet till brandgasvolymen är 0,62 m<sup>3</sup>/s. Volymen 32,1 m<sup>3</sup> kan uppskattas med en rektangel med fix höjd och bredd. Längden av rektangeln blir beroende av volymsflödet in i rektangeln.

Höjden på rektangeln sätts till verklig höjd dvs 6,5 meter, bredden sätts till 5 meter dvs något större än vad passagegången är men ett visst svinn av brandgaser kommer ske ut åt sidorna. Längden för volymen 32,1 m<sup>3</sup> fås enligt nedan.

$$V = b \cdot h \cdot l \Rightarrow l = \frac{32,1}{6,5 \cdot 5} = 0,98 \approx 1m$$

Efter 10 sekunder har vi ett volymstillskott på 6,2 m<sup>3</sup> detta ger en ny längd på 1,2 meter. Var 10 sekund växer alltså rektangeln 1 dm i vardera ände.

## Bilaga 5 Beräkningar brandscenario returhantering

### Opåverkad av sprinkler

Returhanteringen är ett ganska stort utrymme, och borde inte ha svårt att förse branden med tillräckligt med syre, även om dörrar och öppningar skulle vara slutna. En kontroll görs dock.

$V$  = rummets volym

$E$  = total energimängd

$f$  = volymandel syre i luft

$\chi$  = andel syre som kan förbrännas

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

$$m_{\text{syre}} = V \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot f$$

$$m_{\text{syre}} = (300 \cdot 4,5) \cdot 1,2 \cdot 0,23 = 372,6 \approx 373 \text{ kg}$$

$$E = \chi \cdot m_{\text{syre}} \cdot \Delta H_{\text{csyre}} = 0,5 \cdot 373 \cdot 13 = 2424,5 \approx 2425 \text{ MJ}$$

För att få reda på hur länge detta syre räcker, integreras över brandeffektkurvan med tillväxten  $\alpha \cdot t^2$  upp till 7 MW och därifrån med den konstanta effektutvecklingen på 7 MW till dess förbrukad mängd motsvarar tillgänglig.

$$\dot{Q}_2 = \alpha \cdot t_1^2 = 7 \text{ MW}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{7 \cdot 10^3}{0,19}} = 192 \text{ s}$$

$$E_1 = \int_0^{192} \alpha \cdot t^2 dt = \left[ \frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^{192} = 448,3 \cdot 10^3 \text{ kJ}$$

$$E_2 = E - E_1 = 2425 - 448 = 1977 \text{ MJ}$$

$$\dot{Q}_2 = 7 \cdot t_2$$

$$E_2 = \dot{Q}_2 \cdot t_2$$

$$t_2 = \frac{E_2}{\dot{Q}_2} = \frac{1977}{7} = 282 \text{ s}$$

$$t = t_1 + t_2 = 192 + 282 = 474 \text{ s} = 7 \text{ min} : 54 \text{ sek}$$

Då vi valt att simulera brandförloppet under 20 minuter kommer alltså inte branden att kunna hålla den höga effektutvecklingen på 7 MW hela tiden, branden kommer att bli ventilationsbegränsad. Exakt när detta sker beror bl.a. på vilket värde man ansätter på konstanten förbränningseffektiviteten,  $\chi$ . Härav skiljer sig framräknad tid med den tid som beräknas av programmet CFAST.

## Dämpad av sprinkler

Då syretillgången inte satte någon begränsning i scenariot ovan gör det inte det här heller.  
För att beräkna tiden det tar för sprinkler att aktivera har datorprogrammet Detact-T2 använts.

### Indata

RTI ((m*s) <sup>0,5</sup> )	detector spacing (m)	activation temperature (°C)	Detector rate of rise (°C/min)	Ceiling height (m)	Ambient temperature (°C)	growth rate	alfa (kW/s <sup>2</sup> )
90	3	68	20	4,5	20	F	0,04689

### Motivering till val av data

De uppgifter vi fått på sprinklerna är att de över hela centrat är glasbulbssprinkler med RTI mellan 70 och 90. Här väljs 90 för att vara konservativ. Aktiveringstemperaturen för dem är 68°C. Avståndet mellan sprinkler i programmet är längsta vinkelräta avstånd, längd- eller sidled. Avståndet har varit svårt att mäta, men är mellan 2 och 3 meter. Tre meter har valts för att beräkningarna ska vara konservativa. Sprinklernas aktivering p.g.a. en viss temperaturstegring per tidsenhet är satt till 20, men är bara en godtycklig siffra, och resultaten är baserade på att sprinklern uppnår en viss temperatur, i detta fall 68°C.

### Resultat

aktiveringstid (min)	HRR (MW)
2,71	1,24

## Bilaga 6 Känslighetsanalys brandsimulering COOP

För att kontrollera om resultatet som fåtts i brandsimuleringarna är troligt har känslighetsanalys gjorts.

I COOP scenariet har två olika parametrar varierats i de tre olika zonindelningarna för att studera hur stor inverkan de har på slutresultatet.

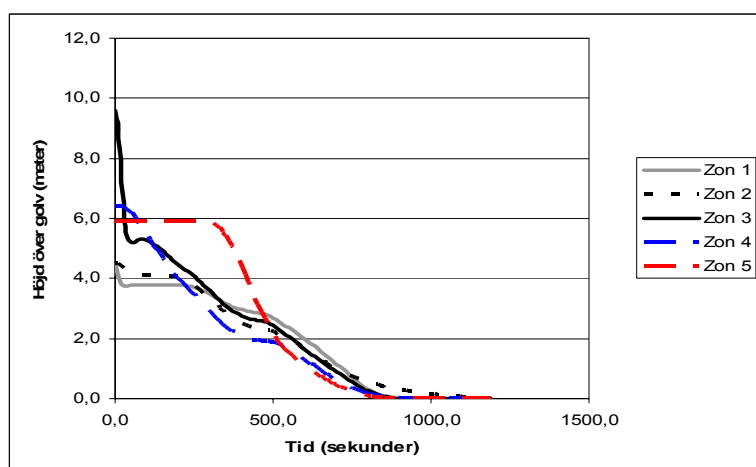
I de tre zonindelningar ändras tillväxthastigheten efter sprinkleraktivering från *medium* till *fast*. Analysen görs med avseende på hur brandgaslagrets höjd varierar då de stora ytorna på COOP gör att detta kriterium antas vara det som uppfylls först.

Den andra parametern som ändras är höjden på branden då branden förväntas klättra upp på hyllkanterna.

### Fast-tillväxt

#### Zonindelning 1

Fem zoner och stängt till övriga delar av centrat.



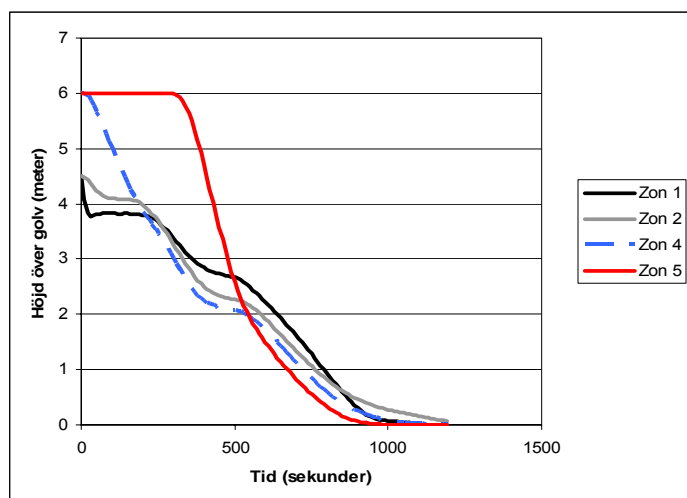
Figur 76. Brandgaslagrets höjd i zonindelning 1.

Tabell 1. Tid till kritiska förhållanden m.a.p. brandgaslagrets höjd, zonindelning 1.

Zon	1	2	3	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,6	2,2	2,2
Tid (min)	10	10	8	6	8
Ändring (min)	- 3	- 2	- 3	- 2	- 3

### Zonindelning 2

Fyra zoner och stängt till övriga delar av centrat.



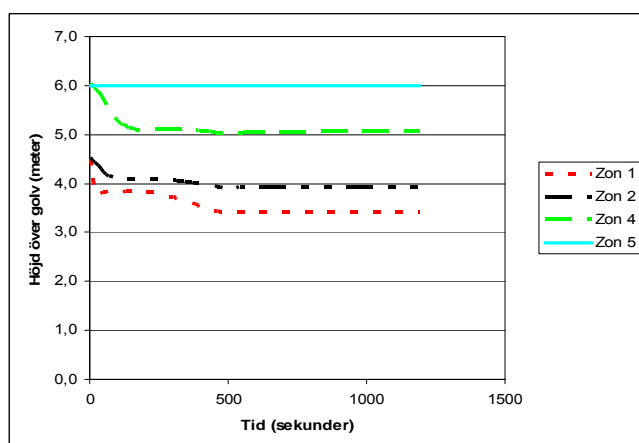
Figur 77. Brandgaslagrets höjd i zonindelning 2.

Tabell 2. Tid till kritiska förhållanden m.a.p. kritisk höjd, zonindelning 2.

Zon	1	2	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,2	2,2
Tid (min)	10	10	6	9
Ändring (min)	- 3	- 2	- 3	- 2

### Zonindelning 3

Fyra zoner och öppet mellan 0,5 och 1,5 m i tak ut till angränsande delar av centrat.



Figur 78. Brandgaslagrets höjd m.a.p. zonindelning 3.



**Tabell 3. Tid till kritiska förhållanden m.a.p. kritisk höjd, zonindelning 3.**

Zon	1	2	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,2	2,2
Tid (min)	-	-	-	-
Ändring (min)	-	-	-	-

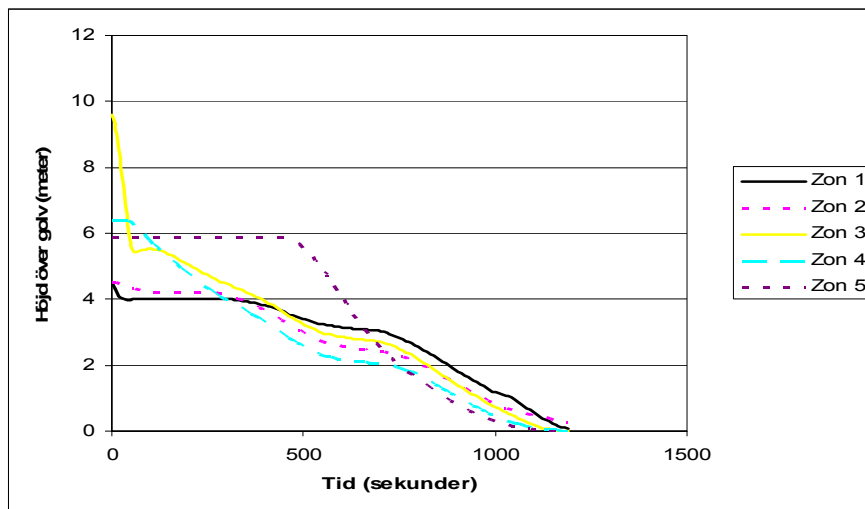
## Resultat

En ökning av tillväxthastigheten efter sprinkleraktivering, från *medium*, till *fast* gör att kritiska förhållanden nås snabbare. Som snabbast tre minuter tidigare.

## Höjden på brandens bas varierar

I CFAST anges brandens höjd från marken med beteckningen  $z$ . Denna höjd är i denna analys satt till en meter, för att se hur detta påverkar resultatet.

### Zonindelning 1

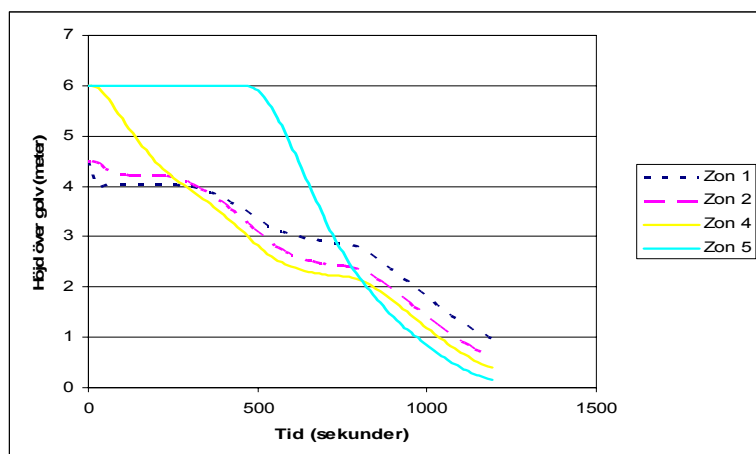


**Figur 79. Brandgaslagrets höjd vid  $z=1$  m, zonindelning 1.**

**Tabell 25. Tid till kritiska förhållanden m.a.p. brandgaslagrets höjd, zonindelning 1.**

Zon	1	2	3	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,6	2,2	2,2
Tid (min)	14	13	12	10	12
Ändring (min)	+ 1	+ 1	+ 1	+ 2	+ 1

### Zonindelning 2

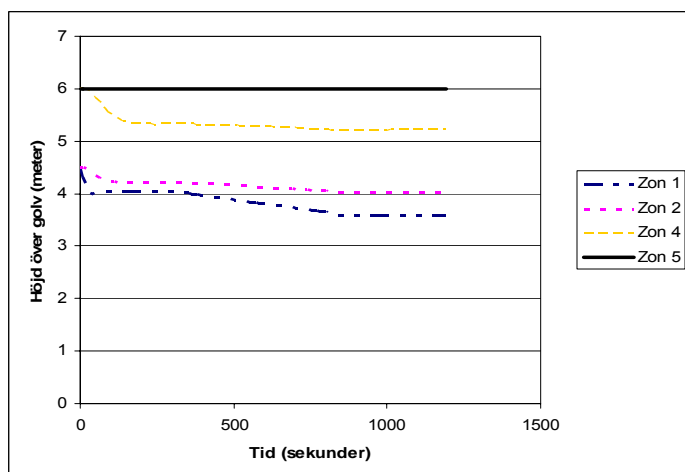


Figur 80. Brandgaslagrets höjd vid z=1 m, zonindelning 2.

Tabell 26. Tid till kritiska förhållanden inträffar m.a.p. brandgaslagrets höjd, zonindelning 2.

Zon	1	2	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,2	2,2
Tid (min)	16	14	9	13
Ändring (min)	+ 3	+ 2	-	+ 2

### Zonindelning 3



Figur 81. Brandgaslagrets höjd vid z=1 m, zonindelning 3.

Tabell 27. Tid till kritiska förhållanden inträffar m.a.p. brandgaslagrets höjd, zonindelning 2.

Zon	1	2	4	5
Kritisknivå brandgaslagret (m)	2,1	2,1	2,2	2,2
Tid (min)	-	-	-	-
Ändring (min)	-	-	-	-

## Resultat

En höjning av nollnivån av branden på en meter medför att tiden till kritiska förhållanden blir en aningen längre i de flesta fall, jämfört med branden belägen i golvnivå. Detta beror troligen på att brandplymen inte hinner dra in lika mycket luft från omgivningen, och volymstillskottet till brandgasernas volym blir därför mindre.

## Slutsats

Att tiden för kritiska förhållanden blir kortare vid den snabbare brandtillväxten verkar rimligt. Dock får det anses ganska osannolikt att branden fortsätter med en *fast* tillväxt efter sprinkleraktivering. En svårighet ligger i att tolka och värdera resultaten då kritiska förhållanden inte alls uppstår på grunda av öppningarna ut mot övriga delar av centrat. En kvalitativ och konservativ bedömning görs dock att en kritisk tid på åtta minuter som framtog i den ursprungliga beräkningen är rimlig att utvärdera säkerheten mot då det är svårt att styrka huruvida brandgaserna har tillräckligt med termisk stignkraft vid butiksgården för att sprida sig vidare ut i centrat.

## Bilaga 7 Strålningsberäkningar Hemtex

För brandscenario Hemtex har strålningsberäkningar genomförts. Detta för att styrka antagandet att personer inte kan passera utan för Hemtex i passagen vid en brand.

Det värde som erhålls från beräkningarna ska jämföras med det värde som anses gälla för kritiska förhållanden. Enligt brandskyddshandboken tål man en kortvarig strålningsintensitet på  $10 \text{ kW/m}^2$  under någon sekund och  $2,5 \text{ kW/m}^2$  under en längre tid.

Flamman som uppstår precis innanför entrén till Hemtex kan approximeras med en cylinder. Med ekvationer och samband från kap 4 i Enclosure Fire Dynamics<sup>38</sup> kan höjden på flammen räknas fram. Till hjälp har även använts boken An Introduction to fire Dynamics<sup>39</sup>. Vi antar att den maximala effekten är den som uppstår vid en sprinkler kontrollerad brand dvs.  $1,5 \text{ MW}$ .

Brandarean är en väldigt osäker parameter att uppskatta eftersom denna kommer att variera. Storlek på det brännbara material där branden antas starta är  $6 \text{ m}^2$ . Allt detta kommer att involveras i branden och brandarean

väljs därför till  $6 \text{ m}^2$ . Arean utnyttjas för att lösa ut  $D$  som blir  $D = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2,76 \text{ m}$ .

Använder vi sedan sambandet  $L_f = 0,235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$  (Heskestads flammhöjds korrelation) fås en längd på  $1,6 \text{ m}$  vilket är flammornas höjd. Vilket får anses som en rimlig flammhöjd för en sprinkler kontrollerad brand i ett utrymme som har en totalhöjd på  $3,43 \text{ meter}$ .

Med hjälp av ovanstående mått för flammen kan approximationen att flammen kan ses som en rektangel med diametern som bas och flammans höjd som höjd göras. Denna strålar sedan från en punkt mitt i rektangeln till en punkt  $4 \text{ meter}$  längre bort. Längden  $4 \text{ meter}$  har valts för att det är denna bredd gångpassagen utanför Hemtex har. En synfaktor kan nu tas fram med hjälp av tabell, synfaktorn  $\Phi = 0,08$ <sup>40</sup>. Emissiviteten hämtas från brandskyddshandboken och sätts till  $1$ , vilket enligt denna är en approximation som är på säkra sidan. Temperaturen i flamma sätts till  $1500 \text{ K}$ <sup>41</sup>. Nu har vi alla ingående parametrar i formeln

$\dot{Q}_{rad}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot \Phi$  och en strålning  $4 \text{ meter}$  från flamma kan räknas fram.

$$\dot{Q}_{rad}'' = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^8 \cdot 1500^4 \cdot 0,08 = 23 \text{ kW} / \text{m}^2$$

Strålningen  $4 \text{ meter}$  från flammorna överstiger alltså kraftigt den strålningsintensitet på  $10 \text{ kW/m}^2$  som man under någon sekund kan utsättas för.

---

<sup>38</sup> Karlsson & Quintiere, 1999.

<sup>39</sup> Drysdale, 1988.

<sup>40</sup> Drysdale, 1988.

<sup>41</sup> Brandteknik LTH, 2002.

## Bilaga 8 Känslighetsanalys brandscenario Hemtex

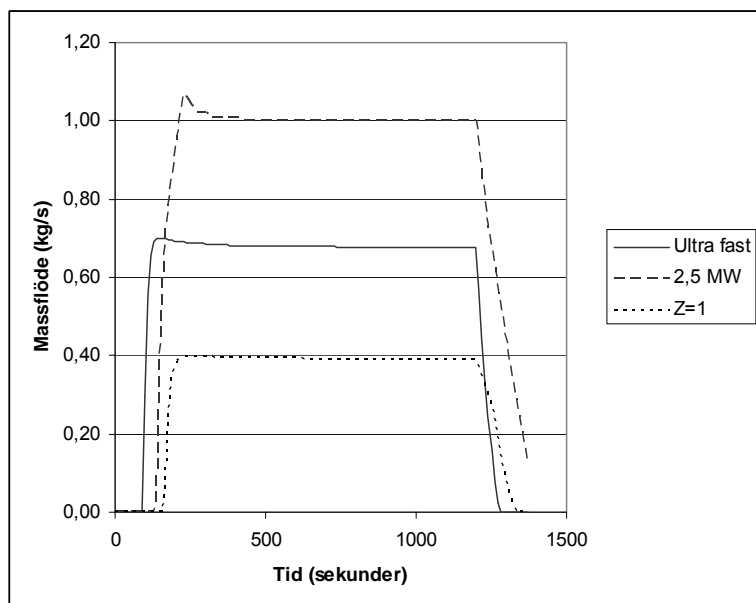
För att se om resultaten på brandgaslagrets höjd samt massflöde är troliga, har känslighetsanalys gjorts där följande parametrar ändrats.

- Höjden på brandens höjd, en meter.
- Tillväxthastighet *ultra fast* istället för *fast*.
- Maxeffekt, 2,5 MW.
- Öppningar från gångstråk (zon 2) till övriga delar av centrat har minskats.

Öppningarna från zon 2 (gångstråket) till angränsande utrymmen är svåra att uppskatta. I känslighetsanalysen har dessa minskats då detta troligen skulle leda till att kritiska förhållanden uppstår tidigare. Brandens bas har höjts upp från golvet i butiken till en meter. Viss risk finns dock att giltigheten för tvåzonsmodeller upphör, om lågorna då sträcker sig upp i brandgaslagret. Analys bedöms ändå relevant. En snabbare brandtillväxt samt högre maxeffekt har även testats för att se hur stora variationer detta skulle ge.

### Hemtex till gångstråk

Här redovisas hur de olika parametrarna påverkar massflödet ut i gångstråket jämfört med ursprungsvärdena. De parametrar som varierats syns till höger i diagrammet.



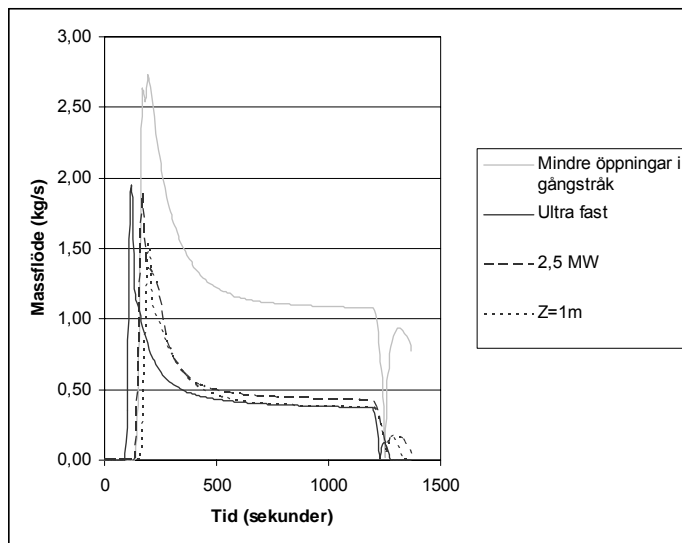
Figur 82. Massflödet från Hemtex till gångstråk.

### Resultat

Massflödet som använts i ursprungsberäkningarna är 0,7 kg/s. Med hänsyn till analysen anses detta vara ett lämpligt värde.

## Gångstråk till övre plan

Detta diagram visar massflödet upp till övre plan från gångstråket. Till höger i diagrammet redovisas de parametrar som varierats.



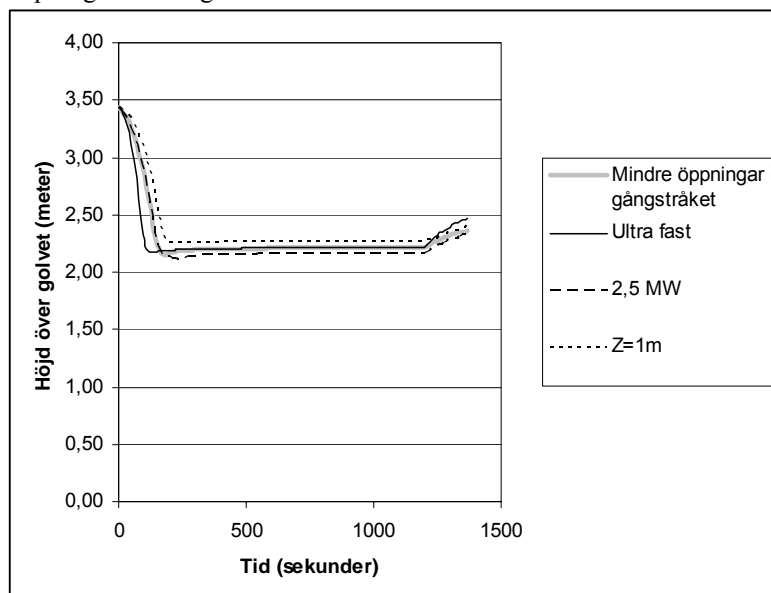
Figur 83. Massflödet från gångstråket till övre plan.

## Resultat

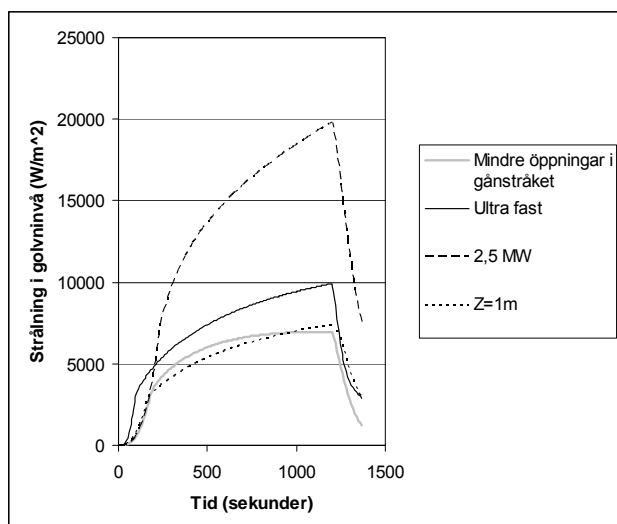
Enda värdet som avviker är då simulerade öppningar i gångstråket görs mindre. Men eftersom frånluftsfläktens kapacitet är 11 kg/s krävs ingen ytterligare analys utan denna klara att ta hand om brandgasflödet, även om brandgasflödet skulle vara mer än de 0,5 kg/s som använts vid de ursprungliga beräkningarna.

## Förhållanden inne på Hemtex

Här kontrolleras hur brandgaslagrets höjd varierar då parametrarna till höger i diagrammet varieras. Vi tittar även på strålningen från brandgaslagret eftersom det var denna parameter som gav kritisk tid i ursprungsberäkningen.



Figur 84. Brandgaslagrets höjd i butik.



Figur 85. Strålning från brandgaslager inne i butik.

Tabell 28. Resultat av känslighetsanalys.

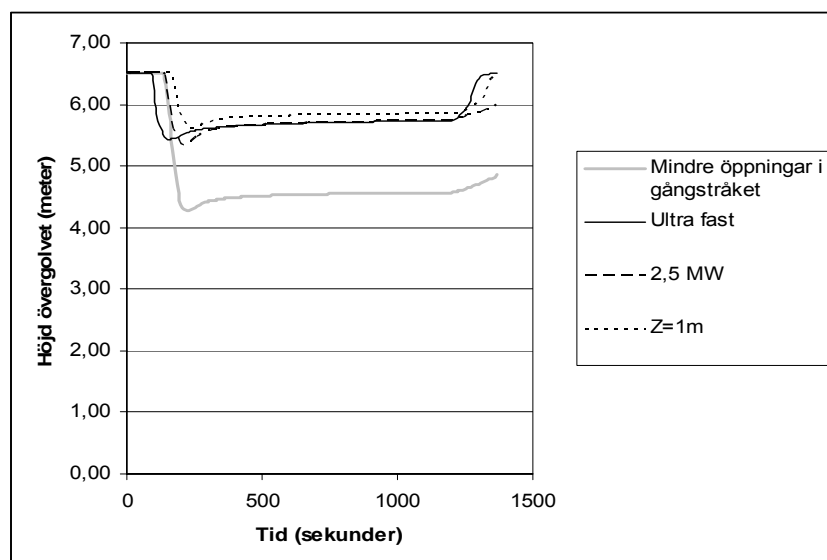
Simulering	Parameter som ändrats	T <sub>kritisk</sub> (min)	Ändring
Med sprinkler på Hemtex	Mindre öppningar i zon 2.	2,8	- 0,2 min
	<i>Ultra fast</i>	1,5	- 1,5 min
	Maxeffekt 2,5 MW	2,7	- 0,3 min
	Z = 1 m	2,7	- 0,3 min

## Resultat

Inte helt oväntat sjunker brandgaslagret snabbare då vi använt en högre effekttillväxt. Dock sjunker det aldrig så lågt att det blir kritiskt i butiken. Strålningen ger kritisk tid snabbare, som snabbast redan efter 1,5 minuter.

## Brandgaslagrets höjd i gångstråket.

Samma parametrar varierar i gångstråket, zon 2. Här ser vi bara på brandgaslagrets höjd.



Figur 86. Brandgaslagrets höjd i gångstråket.

## Resultat

Inte heller i gångstråket påverkas brandgaslagrets höjd nämnvärt när de olika parametrarna varierar. Enbart då mindre öppningar i gångstråket ansätts sjunker brandgaslagret. Dock kommer det aldrig i närheten av kritiska höjd som är 2,2 meter.

## Slutsats

Analyserna som gjorts på hur massflödet kan variera visar att våra ursprungliga resultat ligger i samma storleksordning som då vi varierat parametrar.

Kritiska förhållanden med avseende på brandgaslagrets höjd, påverkas inte av de varierade parametrarna. Inne i butiken blir det kritiskt med avseende på strålning efter 1,5 minut, d.v.s hälften av den tiden vi nått i ursprunglig beräkning. Detta dock med en tillväxt på *ultra fast*. Denna tillväxthastighet anses osannolik med den antändningsorsak som är antagen.



## Bilaga 9 Siktberäkning brand returhanteringen

För att beräkna sikten i brandgaserna har programmet Cplot, som ingår i programpaketet CFAST, använts. Med detta program fås värden på optisk densitet samt volymandel kolmonoxid och koldioxid.

Indata som programmet kräver är massförhållanden mellan:

- H (väte) / C (kol) i bränslet.
- C (kol) / CO<sub>2</sub> (koldioxid) i produkterna.

Dessa matas in i CFAST.

Bränslet i returen består av lastpallar av trä och plastflaskor.

För plastfalskorna har värden för Polyester antagits.

Parameter	Trä	Polyester	Hälften Trä / Polyester
H / C	0,14	0,1175	0,129
C / CO <sub>2</sub>	0,012	0,08	0,046

Då temperaturen på brandgaserna aldrig skiljer sig från det undre lagrets temperatur med mer än 20°C antas brandgaserna inte ha någon tydlig skiktning och antas därför nå ända ner till golvet.

Någon korrektion för att sotpartiniklar i verkligheten fastnar på väggar bör göras. Detta görs genom att sprida ut sotpartiklarna över en större yta med hjälp av sambandet nedan.

$$obscura = \frac{k \cdot \left(1 - \frac{\text{höjd}_{\text{brandgaslager}}}{\text{rumshöjd}}\right)}{2,303} \cdot 10$$

Värdet som ges av Cplot är  $k$ , som defineras som:

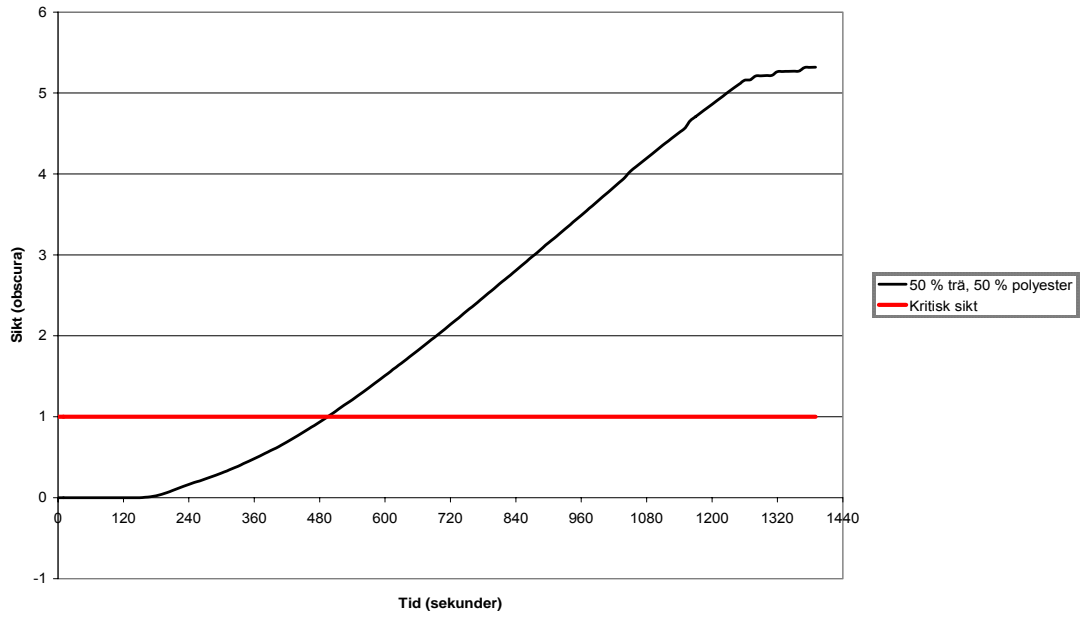
$$k = \left(\frac{1}{l}\right) \cdot \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

$l$  är längden som ljusdämpningen mäts på och  $I$  är ljusintensiteten. För att omvandla detta till *obscura* används formeln<sup>42</sup>.

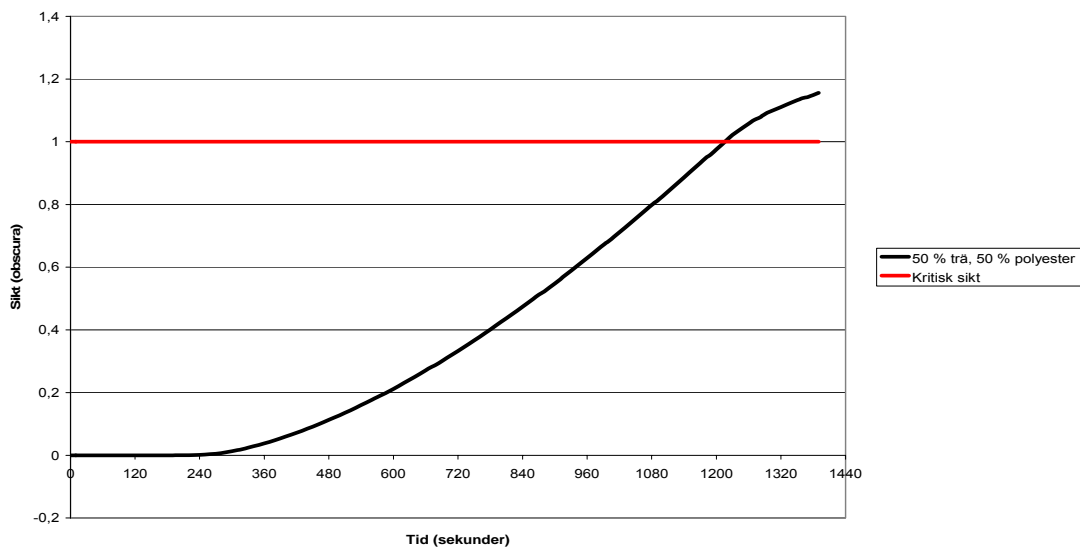
Kritiska förhållanden är då sikten överskrider 1 *obscura*.

---

<sup>42</sup> H.Hultqvist, 2000.



**Figur 87. Brand utan sprinkler.**



**Figur 88. Brand kontrollerad av sprinkler.**

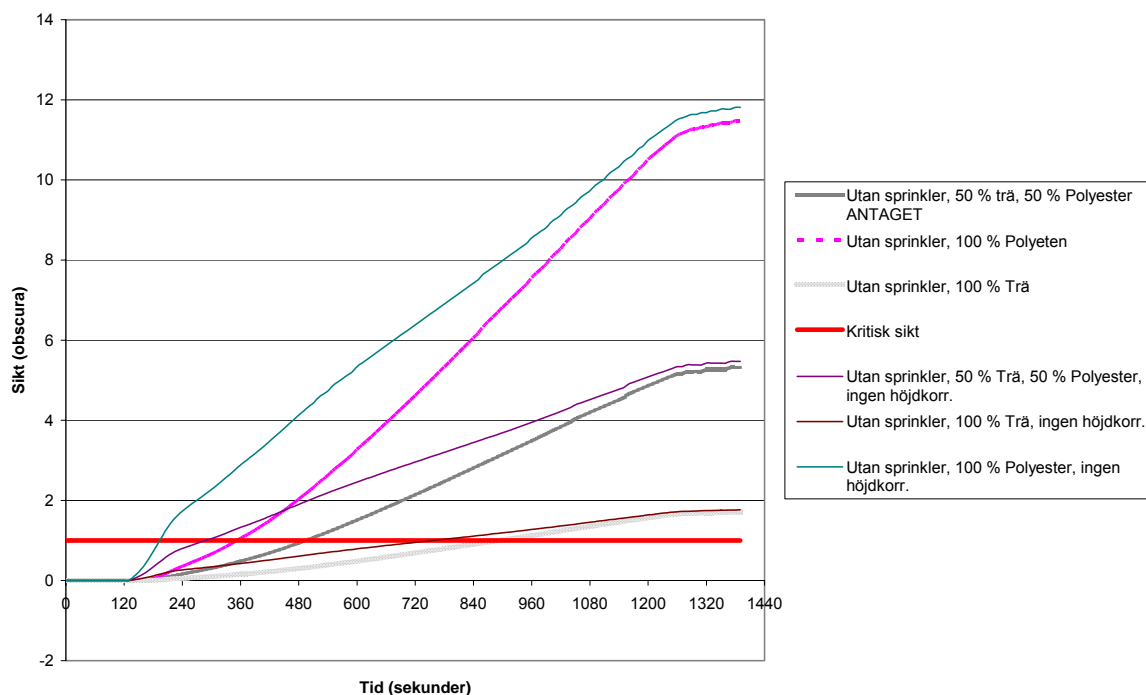
## Bilaga 10 Känslighetsanalys brandscenario returhanteringen

Vid brand i returhanteringen framgick att det endast var sikten som blev avgörande för kritiska förhållanden. Av den anledningen är det faktorer som påverkar just sikten som har studerats mest i en känslighetsanalys. Viktigt är också huruvida brandgaserna som når övre plan skulle kunna sprida ut sig snabbare och därför nå fram till folk snabbare.

### Sikt i brandgaser

Då CFAST inte tar hänsyn till att partiklar (som orsakar siktnecksättning) fastnar på väggar bör detta korrigeras för. I beräkningarna har antagits att brandgaserna sprider ut sig över hela rumshöjden och därför inte blir lika täta. Jämförelse görs också mot om de inte sprider ut sig över rumshöjden.

#### Utan sprinkler

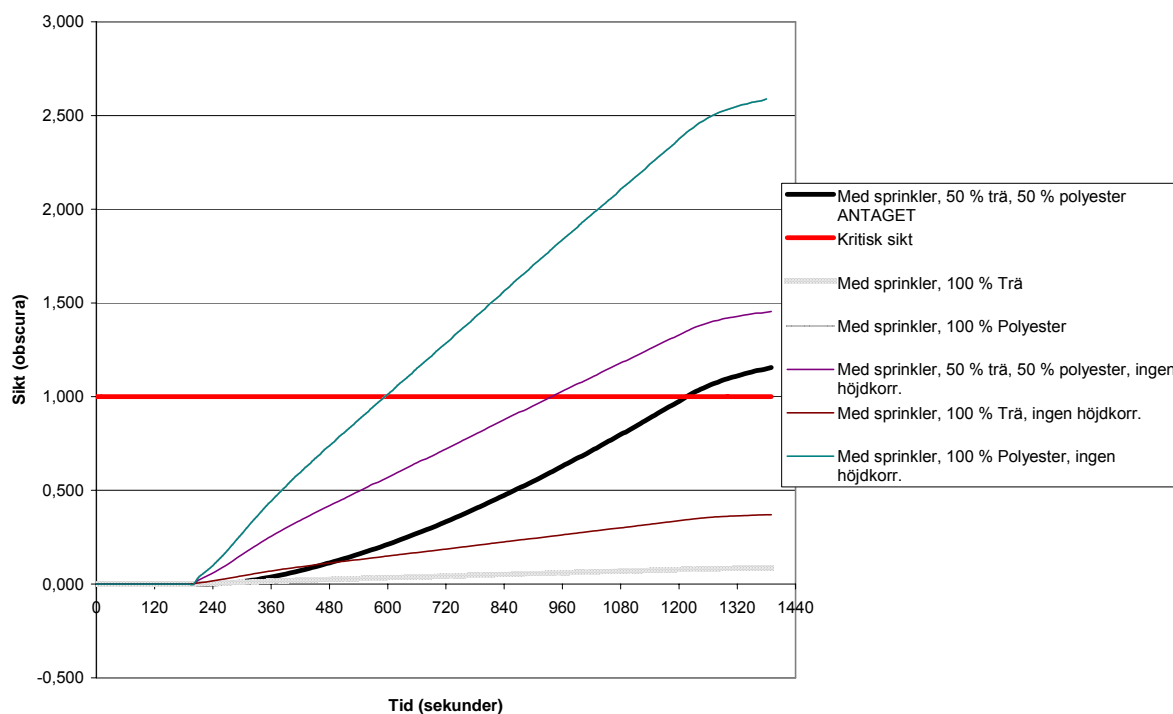


Figur 89. Sikt i brandgaser vid olika materialsammansättningar, samt med och utan höjdkorrektion. Utan sprinkler.

Tabell 29. Skillnad i kritisk tid för olika materialsammansättningar, med och utan höjdkorrektion.

Simulering	Parameter som varierats	$T_{kritisk}$ (min)	Ändring (min)
Utan sprinkler			
Utan sprinkler, 50 % Trä, 50 % Polyester ANTAGET	Med höjdspridning	8	-
Utan Sprinkler 50 % Trä 50 % Polyester	Utan höjdspridning	5	- 3 min
Utan Sprinkler 100 % Trä	Med höjdspridning	15	+ 7 min
Utan Sprinkler 100 % Trä	Utan höjdspridning	13	+ 5 min
Utan Sprinkler 100 % Polyester	Med höjdspridning	6	- 2 min
Utan Sprinkler 100 % Polyester	Utan höjdspridning	3	- 6 min

## Med sprinkler



**Figur 90. Sikt i brandgaser vid olika materialsammansättningar, samt med och utan höjdkorrektion. Med sprinkler.**

**Tabell 30. Skillnad i kritisk tid för olika materialsammansättningar, med och utan höjdkorrektion.**

Simulering Med sprinkler	Parameter som varierats	$T_{kritisk}$ (min)	Ändring (min)
Med sprinkler 50 % Trä 50 % Polyester ANTAGET	Med höjdspridning	20	
Med sprinkler 50 % Trä 50 % Polyester	Utan höjdspridning	16	- 4 min
Med sprinkler 100 % Trä	Med höjdspridning	-	
Med sprinkler 100 % Trä	Utan höjdspridning	-	
Med sprinkler 100 % Polyester	Med höjdspridning	15	- 5 min
Med sprinkler 100 % Polyester	Utan höjdspridning	10	- 10 min

## Resultat

Resultaten visar att om andelen plastmaterial som brinner ökar, blir sikten begränsad tidigare, i värsta fallet redan efter 3 minuter. Om inte sotpartiklarna sprids ut över hela takhöjden blir sikten också sämre snabbare, dock påverkar detta sikten i mindre grad än materialet gör.

## Brandgasutbredning

För att göra en känslighetsanalys på brandgasernas utbredning på över plan mot tiden är det i huvudsak den utvecklade effekten som skall studeras. Denna kan varieras genom olika tänkbara parametrar.

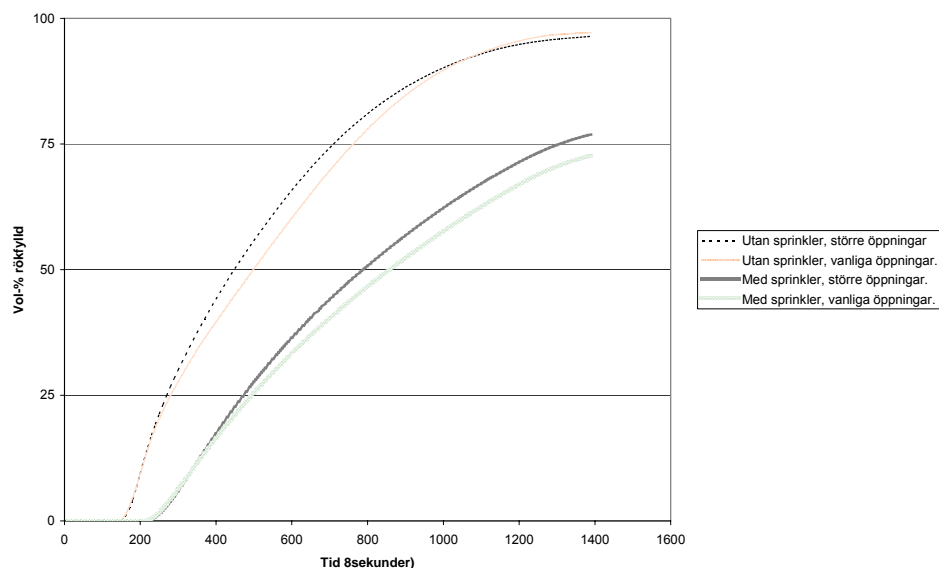
- Brandens höjd

- Brandens effekt
- Ventilationsöppningarna

Då sprinklern inte aktiveras blir dock branden ventilationskontrollerad spelar det ingen roll om man sätter in en större brand, eftersom öppningarna ut från brandrummet begränsar mängden tillgängligt syre och kommer ändå att dämpa branden till en viss effekt. Vid den sprinklerdämpade branden anses det inte troligt att effekten blir mycket större än 1,2 MW.

För att se om brandgaserna skulle kunna sprida ut sig snabbare på övre plan görs således känslighetsanalys endast på ventilationsöppningarnas storlek från brandrummet.

Här antas att returmaskinerna har ”brunnit upp” och ökat dessa öppningar från (l\*b) 1,2\*0,6 till 2,4\*1,2.



**Figur 91. Sambandet mellan tid och procentuell fyllnad av övre plan vid ändrade öppningar från brandrummet.**

**Tabell 31. Skillnader i tid till kritisk sikt om öppningar till från brandrum ändras.**

Simulering	Parameter som varierats	T <sub>50%</sub> (min)	T <sub>85%</sub> (min)	Ändring (T <sub>50%</sub> )	Ändring (T <sub>85%</sub> )
Med sprinkler					
Utan sprinkler	-	8	15	-	-
ANTAGET					
Utan sprinkler	Öppningar till zon 2 (1,2*0,6 → 2,4*1,2)	7,5	15 min	- 0,5 min	0 min
Med sprinkler					
ANTAGET		14	75 % 23	-	-
Med sprinkler	Öppningar till zon 2 (1,2*0,6 → 2,4*1,2)	13	75 % 22	- 1 min	- 1 min

## Resultat

Som synes spelar inte öppningarna ut mot centralt någon nämnvärd roll för rökfyllnad av övre plan.

## Slutsats

Materialsammansättningen är den parameter som påverkar tid till kritisk sikt mest. Dock anses det osannolikt att massandelen av plast skulle överstiga massan av träpallarna.

För att personer skall lida av en nedsatt sikt krävs dock att de befinner sig i brandgaserna. Om öppningarna från brandrummet ut till övriga delar av centralt hade varit större hade detta inte påverkat rökfyllnadstiden nämnvärt. Ursprungliga beräkningar anses därför tillförlitliga.

## Bilaga 11 Beräkningar av maximal brandeffekt personalutrymme

Beräkning av brandbelastning i personalutrymme ovanför COOP.

Rummets geometri

Höjd            2.5m  
Bredd           2.5m  
Längd          2,5m

Volym           15.6m<sup>3</sup>

Maximala brandeffekten då branden är ventilations kontrollerad kan beräknas genom sambandet:

$$P_{\max} = \alpha^{1/3} (3rV / a)^{2/3} \quad (W)$$

där       $\alpha = 0.0469 \text{ kW/s}^2$       (tillväxthastighet för trä<sup>44</sup>)  
           $r = 0,5$                               (andelen luft i rummet som förbrukas)  
           $V = 15.6 \text{ m}^3$   
           $a = 10^{-6} \text{ m}^3/\text{J}$               (luftbehovet m<sup>3</sup> per J frigjord energi)

$$\underline{P_{\max} = 295 \text{ kW}}$$

---

<sup>43</sup> Jensen, 2002.

<sup>44</sup> Karlsson & Quintiere, 1999

## Bilaga 12 Enkät angående utrymning i Gränby Centrum

### Frågor till besökande

- Från vilken ingång kom ni in?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

- Känner ni till någon annan ingång/utgång?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

- Vart hade ni gått ut ifall brandlarmet gått?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

- Hur tror du utrymningslarmet låter?

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

### Frågor till personalen

1. Affär/placering: \_\_\_\_\_
2. Affär/placering: \_\_\_\_\_
3. Affär/placering: \_\_\_\_\_

4. Affär/placering: \_\_\_\_\_

5. Affär/placering: \_\_\_\_\_

- Har ni haft någon brandövning/utrymningsövning? När i så fall?

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

- Har ni några speciella rutiner vid brand? Vad hade ni då gjort?

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

- Känner ni till hur brandlarmssignalen låter?

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_