

BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING AV KÖPCENTRET GALLERIAN I VÄSTERÅS

Munzur Aygün, Viktor Fridholm, Håkan Niva, Henrik Segerby



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Rapport 9494
Lund, Juni 2016
Avdelningen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Division of Fire Safety Engineering
Lund University

Brandteknisk riskvärdering av köpcentret Gallerian i Västerås

Lund 2016

Författare

Munzur Aygün

Viktor Fridholm

Håkan Niva

Henrik Segerby

Handledare

Dan Madsen

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

Titel/Title

Brandteknisk riskvärdering av köpcentret Gallerian i Västerås
Fire safety evaluation of the shopping mall Gallerian in Västerås

Författare/Authors

Munzur Aygün, Viktor Fridholm, Håkan Niva, Henrik Segerby

Rapport/Report

9494

Antal sidor/Number of pages

110

Handledare/Advisor

Dan Madsen

Språk/Language

Svenska/Swedish

Nyckelord

BTR, brandteknisk riskvärdering, galleria, köpcentrum, Gallerian, utrymning, personsäkerhet, brandskydd, kritiska förhållanden, detektion, känslighetsanalys

Keywords

BTR, fire safety evaluation, arcade, shopping mall, Gallerian, evacuation, personal safety, fire protection, critical conditions, detection, sensitivity analysis

Bilder/Pictures

Samtliga bilder och illustrationer i rapporten tillhör författarna om ingen annan källa anges.
All pictures and illustrations used in the report belong to the authors if no other source is mentioned.

Avdelningen för Brandteknik	Division of Fire Safety Engineering
Lunds Tekniska Högskola Lunds Universitet Box 118 221 00 Lund	Lund University P.O. Box 118 SE-221 00 Lund Sweden
Telefon: 046 - 222 73 60 http://www.brand.lth.se brand@brand.lth.se	Telephone: + 46 222 73 60 http://www.brand.lth.se brand@brand.lth.se

Abstract

This report evaluates personal safety during evacuation of the arcade Gallerian, Västerås, in case of fire. The report focuses on evacuation through Gallerian's main paths. During a visit to the arcade potential fire scenarios and current fire protection systems were identified, and a survey was handed out to some of the staff members. The results from the survey concluded that some of the staff were lacking sufficient knowledge of current routines in case of fire, however most of the staff were well aware of the routines.

In order to determine if there was a risk for personal safety three design fires were further examined and analyzed through hand calculations, statistics and simulations in computer programs. Results from the analyzed design fires were compared to levels of critical conditions and the required time to evacuate to find out if the evacuees were in risk of harm.

The report concludes that the personal safety in the arcade is adequate. Despite this, one measurement was found to be required by Swedish fire safety legislation – to install a proper notification sign next to an unmarked fire extinguisher. Other measurements which were not required by law but would improve the personal safety were also brought up. These measurements were related to the results from the survey, repairing smoke hatches, investigating a certain lighting equipment's effect on sprinkler and general sprinkler maintenance.

Sammanfattning

Denna rapport ämnar att utvärdera personsäkerheten vid utrymning av köpcentret Gallerian i centrala Västerås och eventuellt ge förslag på åtgärder som kan förbättra den. Gallerian har genomgått flertalet ombyggnationer och i dagsläget innefattar Gallerian en galleriadel samt lägenheter och kontorslokaler. I rapporten studeras i stort sett endast byggnadens galleriadel. Rapportens skyddsmål är att ingen person ska komma till skada vid utrymning av byggnaden, därmed behandlas endast personsäkerhet och inte egendomsskydd eller miljöpåverkan.

I mitten av februari 2016 utfördes ett platsbesök på Gallerian i Västerås. Där inventerades det befintliga brandskyddet och potentiella risker med hjälp av handledare och representanter från brand- och riskkonsultföretaget Fire AB.

Det befintliga brandskyddet består av brandgasluckor, brandposter, handbrandsläckare, rökdetektorer, systematiskt brandskyddsarbete (SBA), sprinklersystem samt brand- och utrymningslarm. Utrymningslarmet som finns i Gallerian är ett enkelt talat larm som meddelar om utrymning på både svenska och engelska.

Efter platsbesöket genomfördes en utvärdering av de identifierade riskerna i Gallerian, som resulterade i 15 potentiella brandscenarioer. Efter en grovanalys av scenarierna valdes tre av dessa ut för vidareanalys: brand i restaurang, klädbutik och prylbutik. Dessa ansågs ha störst påverkan på personsäkerheten utifrån en avvägning mellan brandförlopp, sannolikhet att inträffa och utrymningsperspektiv.

Handberäkningar och simuleringar i Argos och Pathfinder genomfördes gällande brandförlopp och utrymning för de tre scenarierna. De parametrar som undersöktes var höjd till brandgaslager, strålning från brandgaslager, temperatur, sikt och toxicitet. Resultaten jämfördes med Boverkets nivåer för kritiska förhållanden. Beräkningarna och simuleringarna påvisade att inga kritiska förhållanden uppstod för respektive scenario. Baserat på detta kunde sedan slutsats dras om att Gallerians brandskydd uppfyller det bestämda skyddsmålet och att personsäkerheten vid utrymning är säkerställd.

Under besöket kunde dock ett antal mindre avvikelser i brandskyddet observeras, dessa påverkade inte personsäkerheten nämnvärt men åtgärdsförslag togs trots detta fram.

Åtgärd som Ska göras:

- Handbrandsläckaren på plan två mellan atriets och utgång B ska förses med nödvändig skyltning enligt AFS.

Åtgärder som Bör göras:

- Se till att personalens utbildning inom systematiskt brandskyddsarbete (SBA) regelbundet uppdateras och kontrolleras.
- Upprätthålla underhållet av sprinklersystemet och undersöka om sprinklerbulberna med olika storlekar är kopplade till samma system och i så fall använda samma typ av bulber överallt.
- Undersöka om belysningsarmaturen i Sko- & Nyckelservice på plan två försämrar effekten från butikens sprinklersystem.
- Åtgärda vattenläckaget och demontera presentering över glastak så att befintliga brandgasluckors funktion kan krediteras vid brand.

Förord/Erkännande

Vi vill tacka följande personer som har bidragit med avgörande hjälp vid genomförandet av rapporten:

Dan Madsen	Handledare, handledning under hela arbetets gång Doktorand vid Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola
Axel Engstrand	Rådgivning under platsbesök Fire AB
Johan Hallencreutz	Kontaktperson, rådgivning i samband med platsbesök Fire AB
Bjarne Husted	Rådgivning i Argos Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola
Petri Isoaho	Visning av Gallerian och hjälp med kompletterande uppgifter efter platsbesök Teknisk förvaltare, Iso Property Management AB
Enrico Ronchi	Rådgivning i Pathfinder Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola
Stefan Svensson	Hjälp med genomförandet av sprinklerlaboration Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola

Nomenklaturlista och terminologi

A_0	Öppningsarea	[m ²]
A_T	Omslutningsarea minus öppningsarea	[m ²]
H	Höjd	[m]
H_0	Öppningshöjd	[m]
h_k	Värmeledningskoefficient för omslutande ytor	[kW/(m ² K)]
k_{pc}	Termisk materialkonstant	[W ² s/(m ⁴ K ²)]
\dot{Q}	Effektutveckling	[kW]
\dot{Q}_{FO}	Effekt som krävs för övertändning	[kW]
\dot{Q}_{max}	Maximal effektutveckling	[MW]
\dot{Q}_V	Effekt för ventilationskontrollerad brand	[kW]
\dot{Q}''_{max}	Maximal värmestrålning från brandgaslager	[kW/m ²]
t	Tid	[s]
t_{det}	Tid till detektion	[s]
T_0	Omgivningstemperatur	[K]
T_d	Aktiveringstemperatur	[K]
$t_{röf}$	Förflyttningstid	[s]
T_g	Strömmande luftens temperatur	[K]
v	Volym	[m ³]
α	Tillväxthastighet	[kW/s ²]

Förkortningar

AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering
DCLG	Department for Communities and Local Government
EI	Integritet och isolering (Klassbeteckning för byggnadsdelar)
LTH	Lunds Tekniska Högskola
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
NRC-CNRC	National Research Council Canada
RTI	Response Time Index
SBA	Systematiskt brandskyddsarbete

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Mål	1
1.4	Metod	1
1.5	Skyddsmål	3
1.6	Avgränsningar	4
2	OBJEKTBESKRIVNING	5
2.1	Om byggnaden	5
2.2	Utformning	5
2.3	Verksamheter	9
2.4	Observerade avvikelser	10
2.5	Ventilation	11
2.6	Tidigare incidenter	11
3	BEFINTLIGT BRANDSKYDD	12
3.1	Brandcellsindelning	12
3.2	Utrymningsvägar	12
3.3	Släcksystem	13
3.4	Brand- och utrymningslarm	13
3.5	Brandgasventilation	13
3.6	Systematiskt brandskyddsarbete	14
3.7	Räddningstjänst	14
4	UTRYMNINGSDIMENSIONERING	15
4.1	Kritiska förhållanden	15
4.2	Utrymningsförlopp	16
5	DATORPROGRAM	18
5.1	Argos	18
5.2	Pathfinder	19
6	SPRINKLERLABORATION	20

6.1	Metod	20
6.2	Resultat	21
7	IDENTIFIERING AV BRANDSCENARIER	22
7.1	Brandorsak	22
7.2	Statistik	22
7.3	Inventering av brandscenarier	25
7.4	Riskmatris	34
7.5	Brandscenarier för utvärdering	35
8	METODIK VID VIDAREANALYS	36
8.1	Genomförande av handberäkningar	36
8.2	Brandförloppssimulering i Argos	37
8.3	Utrymningssimulering i Pathfinder	38
9	SCENARIO 1 – MERIOT RESTAURANG & CAFÉ	41
9.1	Förväntat brandförlopp	42
9.2	Handberäkningar	42
9.3	Simuleringar	44
9.4	Känslighetsanalys	47
10	SCENARIO 2 – GINA TRICOT	50
10.1	Förväntat brandförlopp	50
10.2	Handberäkningar	51
10.3	Simuleringar	52
10.4	Känslighetsanalys	55
11	SCENARIO 3 – TEKNIKMAGASINET	59
11.1	Förväntat brandförlopp	59
11.2	Handberäkningar	60
11.3	Simuleringar	61
11.4	Känslighetsanalys	63
12	KÄNSLIGHETSANALYS: GINA TRICOT UTAN SPRINKLER	68
12.1	Resultat av simulering	68
13	SAMMANSTÄLLNING ENKÄTUNDERSÖKNING	71
14	ANALYS OCH ÅTGÄRDER	72

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

14.1	Scenario 1: Meriot Restaurang & Café	72
14.2	Scenario 2: Gina Tricot	76
14.3	Scenario 3: Teknikmagasinet	77
14.4	Brand i Gina Tricot utan sprinkler	81
14.5	Systematiskt brandskyddsarbete	83
14.6	Observerade avvikelser	84
14.7	Olika sprinklerbulber i butik och gångstråk	85
15	VERIFIERING AV ÅTGÄRDSFÖRSLAG	86
16	DISKUSSION	87
17	SLUTSATS	91
17.1	Åtgärd som Ska göras	91
17.2	Åtgärder som Bör göras	91
	REFERENSER	92
	BILAGA A	95
	Övertändning	95
	BILAGA B	97
	Ventilationskontrollerad brand	97
	BILAGA C	98
	Effektutveckling	98
	BILAGA D	99
	Enkätundersökning	99
	BILAGA E	101
	Pathfinder	101
	BILAGA F	103
	Test av sprinklerbulber	103
	BILAGA G	104
	Handberäkning av detektion	104
	BILAGA H	105
	Argos	105

1 Inledning

I publika lokaler som köpcentrum och liknade verksamheter vistas ofta en stor mängd människor där både ålder och förmågan att förflytta sig varierar. Med hänsyn till detta är det mycket viktigt att dessa lokaler har goda utrymningsmöjligheter och hög brandsäkerhet. Utrymning ska inte bara kunna ske med tillfredsställande säkerhet vid normala förhållanden utan även i situationer med något högre personantal.

1.1 Bakgrund

Rapporten ingår i kursen ”Brandteknisk Riskvärdering” (VBR054) som ges vid Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola, LTH, och omfattar 15 högskolepoäng. Rapportens fyra författare är studenter som läser termin sex på brandingenjörsprogrammet vid LTH.

Rapporten riktar sig till kurskamrater, branschfolk samt fastighetens ägare och förvaltare.

1.2 Syfte

Denna rapport ämnar att utvärdera personsäkerheten vid händelse av brand och utrymning i köpcentret "Gallerian" som ligger i Västerås centrum. Störst fokus kommer att ligga på utrymningsmöjligheter genom huvudutgångarna för besökare som befinner sig i Gallerians gångstråk och anslutande butiker. Utvärderingen ska sedan användas som underlag till en bedömning av besökarnas säkerhet vid utrymning och slutligen eventuellt ge åtgärdsförslag som fastställer personsäkerheten vid utrymning.

1.3 Mål

Målet med rapporten är att använda och binda samman kunskaper från tidigare kurser på Brandingenjörsprogrammet vid LTH för att bedöma personsäkerheten vid utrymning av byggnaden. Genom brandtekniska analyser ska det undersökas om säker utrymning är möjlig innan kritiska förhållanden uppstår.

Utöver detta ska lagar, föreskrifter och information insamlad från brandtekniska rapporter och vetenskapliga artiklar användas för att motivera och argumentera för slutsatser samt rekommenderade åtgärdsförslag.

1.4 Metod

I början av arbetet upprättades kontakt med av skolan tillförordnad handledare Dan Madsen och kontaktperson Johan Hallencreutz från Fire AB i Västerås, varpå ett platsbesök till objektet bokades in. Inför platsbesöket studerades objektet med hjälp av ritningar från Fire AB. Vidare togs det fram en vägledande checklista att gå igenom vid besöket för Gallerians brand- och personskydd. Innan platsbesöket bestämdes avgränsningar för objektet med Johan Hallencreutz hjälp. Det beslutades att störst fokus skulle ligga på utrymning via Gallerians gångstråk och huvudutgångar.

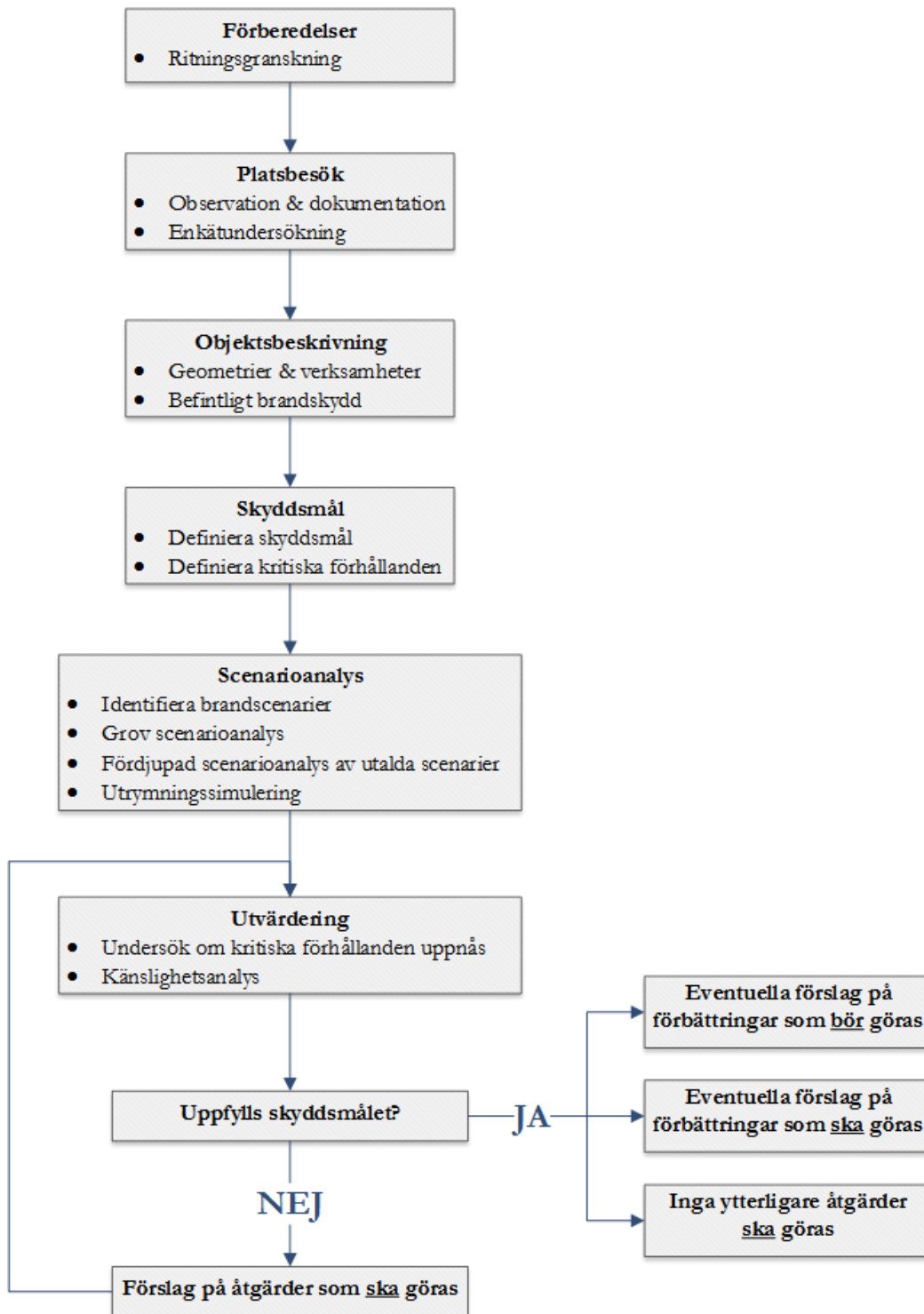
INLEDNING

Vid platsbesöket, som leddes av Gallerians tekniska förvaltare, undersöktes och dokumenterades punkter från checklistan som till exempel lokalernas geometrier, verksamhetstyper, befintligt brandskydd (detektorer, sprinkler och handbrandsläckare) och utrymningsvägars tillgänglighet. Under platsbesöket delades det även ut 15 exemplar av en enkätundersökning som berörde personalens kunskap om respektive verksamhets SBA (systematiskt brandskyddsarbete). Utformningen av enkäterna presenteras i Bilaga D och en sammanställning av svaren redovisas i kapitel 13. Syftet med detta var att få en uppfattning av personalens medvetenhet om gällande rutiner vid händelse av brand, och hur deras kunskap relaterade till det som står i Gallerians säkerhetsmanual.

Utifrån informationen från platsbesöket genomfördes en grovanalys med 15 olika hypotetiska brandscenarier i olika delar av Gallerian, varav tre av dessa valdes ut för vidare analys. Efter möte med handledare valdes angreppssätt för de utvalda brandscenerierna med avseende på definition av kritiska förhållanden, handberäkningar och simuleringar i Argos och Pathfinder. Tillvägagångssättet för den vidare analysen av utvalda scenarier presenteras mer ingående i kapitel 8. Dessa beräkningar och simuleringar låg därefter till grund för analysen där resultaten jämfördes med Boverkets regelverk.

Som ett komplement till analys och utvärderingsarbetet genomfördes även tester av olika sprinklerbulbers responstid i LTHs brandlaboratorium. Testerna genomfördes då ett potentiellt problem med användning av olika sprinklerbulber upptäcktes vid platsbesöket. Detta beskrivs närmare i kapitel 6.

Projektarbetets arbetsgång från början till slut beskrivs illustrativt i Figur 1 nedan.



Figur 1. Figur som beskriver arbetsmetodiken under projektarbetets gång.

1.5 Skyddsmål

Skyddsmålet i denna rapport definierades som att ingen av de utrymmande ska komma till skada under tiden de lämnar byggnaden. För att bedöma om skada kunde uppstå användes Boverkets definition av kritiska förhållanden. Vidare förklaring på kritiska förhållanden ges i kapitel 4.1.

1.6 Avgränsningar

Denna rapport fokuserar enbart på personsäkerhet och tar inte hänsyn till egendomsskydd, miljöpåverkan eller hållfastheten för byggnadens konstruktion. Endast byggnadens galleriadel kommer att analyseras djupare i rapporten. Källarplan och lägenheter i samma byggnad kommer därmed inte att nämnas vidare, däremot kommer byggnadens kontorsdel behandlas ytligt i grovanalysen. I riskvärderingen kommer fokus att ligga på utrymning som sker via Gallerians gångstråk, detta kan leda till att användningen av eventuella utrymningsvägar genom verksamheternas bakre delar kan komma att underskattas. De framtagna brandscenarierna i Gallerian är kvalitativt uppskattade.

2 Objektbeskrivning

Nedan följer en beskrivning av byggnaden som behandlas i rapporten med avseende på historik, utformning och verksamheter som bedrivs på platsen. Kapitlet tar även upp avvikelser som upptäcktes under platsbesöket, samt information om ventilationssystemet och tidigare incidenter.

2.1 Om byggnaden

Köpcentrumet Gallerian ligger i centrala Västerås, knappt 500 meter från centralstationen. Byggnaden har genom åren genomgått en rad ombyggnationer och förändringar. De äldsta ritningarna som finns att tillgå från Stadsbyggnadskontoret i Västerås är daterade år 1937 och visar en ombyggnation av bostadshus och verkstad. Under åren har det tillkommit och försvunnit flera olika verksamheter och det var först under 1990-talet som Galleriadelen började bli lik dagens Galleria (Stadsbyggnadskontoret, 2016).

Idag ägs fastigheten av Carlyle Group, förvaltningen sköts av M & P Asset Management och ISO Property Management är ansvariga för den tekniska förvaltningen (Gallerian, 2016).

2.2 Utformning

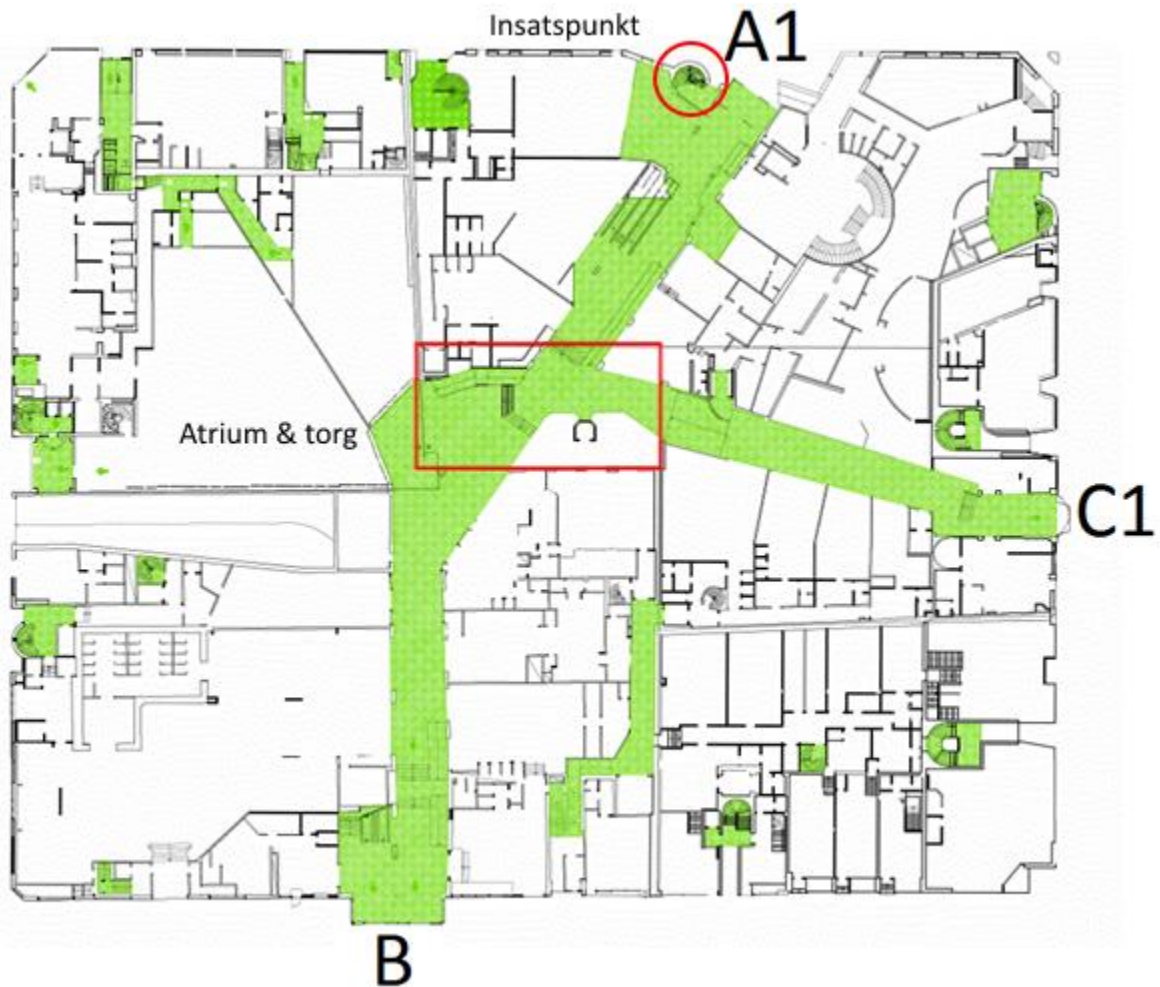
Vid ingång A1 på plan ett finns ett separat trapphus med egen ingång som används som insatspunkt av räddningstjänsten vid en eventuell insats. Här finns en av Gallerians två larmcentraler där brand- och utrymningslarm, inbrottslarm och brandgasventilation kan styras. Vid insatspunkten finns även utrustning och dokumentation som rör brandskydd och utrymning, bland annat anläggarintyg, ficklampor, och megafon.

Ingång A1 leder vidare till Gallerians gångstråk som sträcker sig genom hela det första våningsplanet. Takhöjden i gångstråket varierar från cirka 3 till 24 meter och bredden från 4 till 13 meter. Gångstråket har god framkomlighet med ramper för funktionshindrade och butikerna i anslutning har få skyltar och klädesställ utställda utanför entréerna som skulle kunna försämra framkomligheten. Golvet består till största del av stenplattor och taket är i glas över hela gångstråket bortsett från vissa delar där taket utgörs av bjälklaget på våningsplan två.

Strax efter ingång A1 finns rulltrappor som leder till det andra våningsplanet och över gångstråket går gångbroar som sammanbinder kontorslokalerna på våningarna ovanför. Efter rulltrapporna finns i Gallerians mitt ett torg med ett café och en restaurang som har serveringar där. Ovanför torget finns ett atrium som binder ihop gångstråken från ingångarna på de två planen. Mot ingång B från atriet finns en grupp soffor och fåtöljer följt av ett apotek, en inredningsbutik, en bokhandel samt ett antal klädbutiker. I gångstråket mot ingång C1 från atriet finns ytterligare en restaurang samt en utställningslokal. Strax innan utgången finns en kort trappa med hiss för rörelsehindrade vid sidan om. Efter ingång B finns en frisörsalong till vänster, och trappor och rulltrappor till våningsplan två rakt fram.

OBJEKTBSKRIVNING

Figur 2 visar planritningen över Gallerians första plan med markeringar för atriet och torget samt insatspunkten vid A1.



Figur 2. Ritning över Gallerians första plan med markeringar för utrymningsvägar och gångstråkets utgångar (area tech, et al., 2012).

Vidare längs med gångstråket på plan två finns det i början ytterligare klädbutiker samt en tillfällig butik med inredningsdetaljer. Efter detta finns två frisörsalonger, en inredningsbutik samt en icke utrymningsklassad hiss som går ner till Gallerians atrium. Mot utgång A2 som via en gångbro leder till ett hotell på andra sidan gatan finns en butik som säljer skönhetsprodukter, en restaurang och en damunderklädesbutik. Där finns även ett rum där Gallerians andra larmcentral är belägen tillsammans med backupbatterier till larm och annan utrustning. Vid utgång C2 som leder över till systemgallerian Punkt finns en prylbutik, en klädaffär för barn, en nagelsalong samt en nyckelservicebutik.

Figur 3 visar planritningen över Gallerians andra plan med markeringar för atriet, hissen och larmcentralen vid A2.



Figur 3. Ritning över Gallerians andra plan med markeringar för utrymningsvägar och gångstråkets utgångar (area tech, et al., 2012).

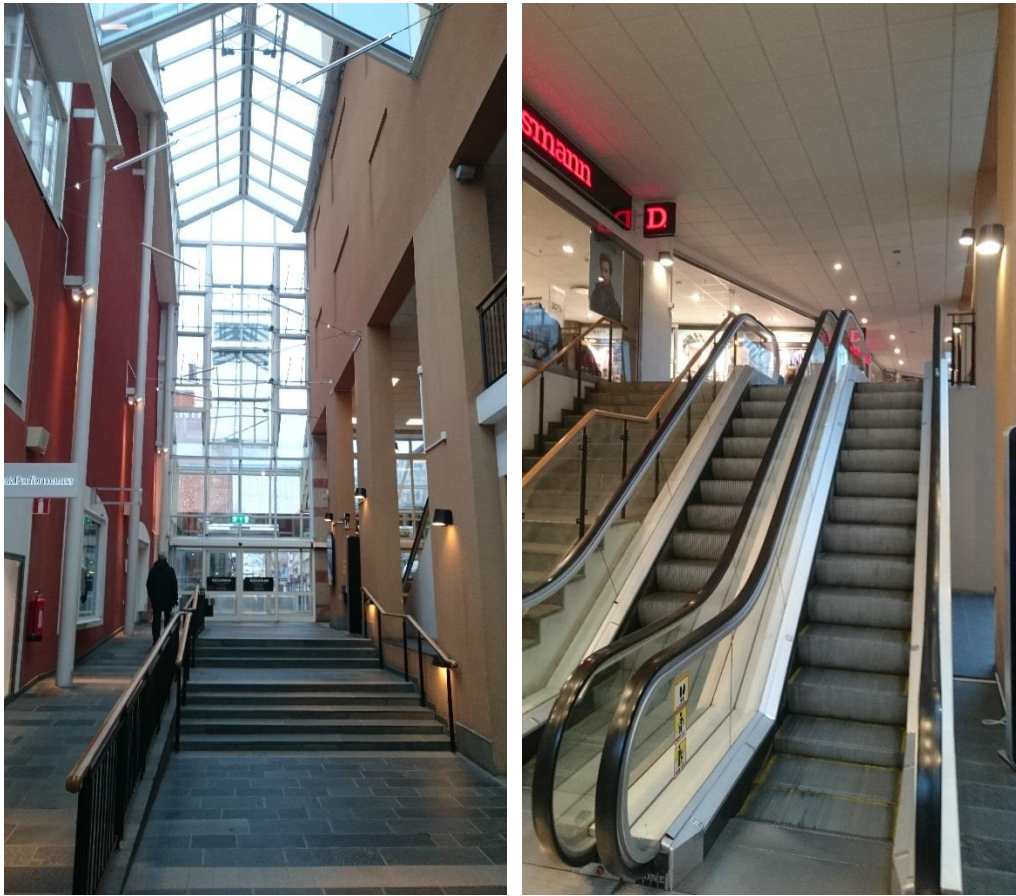
Figur 4 visar en överskådlig bild av torget och atriet i Gallerians mitt.



Figur 4. T.v. överskådlig bild över Gallerians torg och gångstråk mot utgång A1. T.h. bild över atriet och torget.

OBJEKTBESKRIVNING

Figur 5 visar gångstråket mot utgång B med trappor och rulltrappor mot plan två till höger.



Figur 5. T.v. Gångstråket som leder ut mot utgång B där trapporna till plan två syns till höger. T.h. trappor och rulltrappor mellan plan ett och två vid utgång B.

2.3 Verksamheter

I Gallerian bedriver 20 butiker och 4 caféer och restauranger sina verksamheter. På utsidan finns ytterligare 14 butiker och restauranger men dessa kan endast nås utifrån och inte inifrån själva galleriadelen. Då rapporten endast behandlar utrymmen som kan nås från insidan kommer inte dessa butiker och restauranger att nämnas närmare.

Butik- och restaurangverksamheterna som undersökts i Gallerian är jämnt fördelade mellan de två våningsplanen med tolv stycken på respektive våning (Gallerian, 2016). Tabell 1 och Tabell 2 nedan visar de verksamheter som rapporten undersökt.

Tabell 1. Verksamheter på första plan som undersökts i Gallerian.

Första plan	Verksamhet
Akademibokhandeln	Bokhandel
Apotek hjärtat	Apotek
Change	Klädaffär
Cut & Blow	Frisör
Dimoda	Klädaffär
Gant	Klädaffär
Gina Tricot	Klädaffär
Jensens Böfhus	Restaurang
Kalsongkompaniet	Klädaffär
Meriot Restaurang & Café	Restaurang & café
Peak Performance	Klädaffär
Systrarna Ericsson	Konditori & café

Tabell 2. Verksamheter på andra plan som undersökts i Gallerian.

Andra plan	Verksamhet
Albrekts Guld	Smyckes- och guldaffär
Carlings	Klädaffär
Dressmann	Klädaffär
Happy Nails	Nagelsalong
Harmoni	Skönhetssalong & butik
Head Spot	Frisör
Joy	Klädaffär
Klippstugan	Frisör
Sko- & Nyckelservice	Butik med sko/nyckelservice
Teknikmagasinet	Teknikaffär
Två systrar	Klädaffär
Vivaldi	Restaurang & café

2.4 Observerade avvikelser

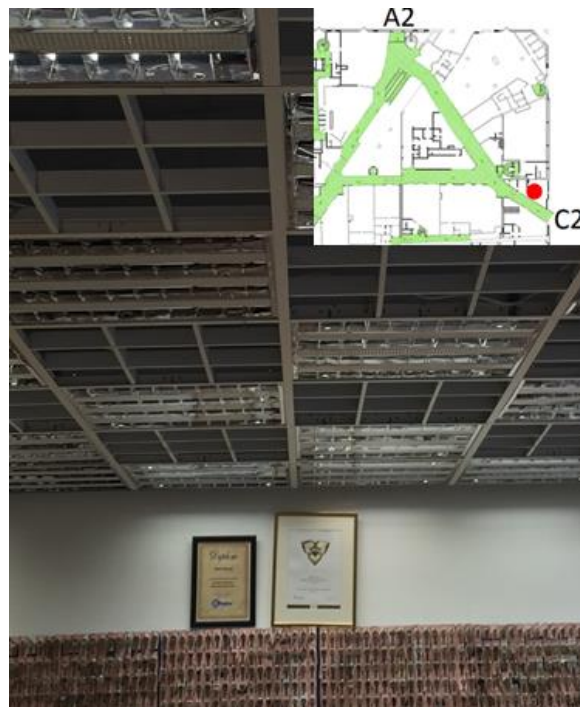
Vid platsbesöket noterades ett antal mindre avvikelser i Gallerian:

Figur 6 nedan visar en handbrandsläckare som saknade varselskylt och var den var placerad.



Figur 6. Handbrandsläckare på plan två utan varselskylt.

Figur 7 visar en belysningsarmatur som delvis blockerade angreppsytan för butikssprinkler på plan två.



Figur 7. Belysningsarmatur som delvis blockerar sprinklern i butiken Sko- och Nyckelservice på plan två.

Figur 8 visar brandgasluckor i gångstråket mot utgång B som delvis var övertäckta av presenning.



Figur 8. Exempel på brandgasluckor i Gallerian som var övertäckta med presenning.

I gångstråket på våningsplan två fanns en handbrandsläckare som saknade tillhörande varselskylt. Butiken Sko- & Nyckelservices takbelysningsarmatur blockerade en del av butikssprinklerns angreppsytta. Delar av Galleriataket brandgasventilation var övertäckt med presenning på grund av vattenläckage och därmed tillfälligt ur funktion. Vid ett antal butikslokaler var sprinklerbulberna i gångstråken smalare än de inne i angränsande butik. Det antas att smalare sprinklerbulber aktiverar tidigare än tjocka. Dessa avvikelser behandlas vidare i kapitel 14.6.

2.5 Ventilation

I fastigheten finns fem ventilationsaggregat som är monterade på taket, där leds tilluft ner till butikerna och värms upp för att sedan återgå som frånluft (Teknisk förvaltare, 2016). Vart tredje år sker OVK, obligatorisk ventilationskontroll i fastigheten (Gallerian - Dokument & Ritningar, 2016). Detta enligt rådande lagstiftning och för att säkerställa att ventilationen fungerar tillfredsställande (Boverket, 2016). För ventilationssystemet fanns inga tillgängliga uppgifter om brandspjäll eller fläkt i drift och därför antas det att detta inte finns. Vid händelse av brand finns brandgasluckor som manuellt öppnas av räddningstjänsten från Gallerians insatspunkt. En del av byggnadens brandgasluckor är som nämnts tidigare övertäckta med presenning på grund av vattenläckage och därför tillfälligt ur funktion ur ett brandtekniskt perspektiv (Teknisk förvaltare, 2016).

2.6 Tidigare incidenter

Inga allvarliga incidenter har inträffat på Gallerian enligt den Tekniska förvaltaren (Teknisk förvaltare, 2016).

3 Befintligt brandskydd

I följande kapitel redovisas Gallerians befintliga brandskydd i byggnadsstruktur, tekniska installationer och personalutbildning.

3.1 Brandcellsindelning

Följande brandcellsbeskrivning är hämtad ur tilldelade ritningar (area tech, et al., 2012).

I ritningarna gavs förslag på rekommenderad utformning av Gallerians brandcellsgränser. Rapporten kommer vidare utgå från att det är detta som gäller, se Figur 9. Gångstråket i Gallerian utgör samma brandcell i de båda våningsplanen. Brandcellsgränserna för hissar, trapphus och utrymningsvägar i anslutning till verksamheternas bakre del är egna brandceller och är till största grad utformade i klass EI60. Undantag finns på plan två där vissa dörrar är utformade i B30 samt på plan ett där en del av utrymningsvägen inte utgör en egen brandcell. Vid ingång B finns fyra butiker vars avskiljande väggar ej är brandklassade. På plan två är det i stort sett endast klädfärerna som är avskilda med brandcellsgränser, på första plan har i stort sett samtliga verksamheter brandklassade avskiljande väggar.



Figur 9. Brandcellsindelning på plan 1 respektive 2 i Gallerian.

3.2 Utrymningsvägar

Utrymning kan ske genom Gallerians tre in- och utgångar på plan ett och hela gångstråket räknas som en utrymningsväg. Vid ingång A1 och C1 finns trapphus som är i direkt anslutning till det fria och som kan användas vid utrymning från plan två. På plan två finns utgångarna A2 som via en gångbro leder till ett hotell på andra sidan gatan, C2 som leder till Punktgallerian samt ett trapphus nära C2 vars utgång är i närheten av utgång C1. Utrymning kan även ske via bakre delarna i en del av verksamheterna.

3.3 Släcksystem

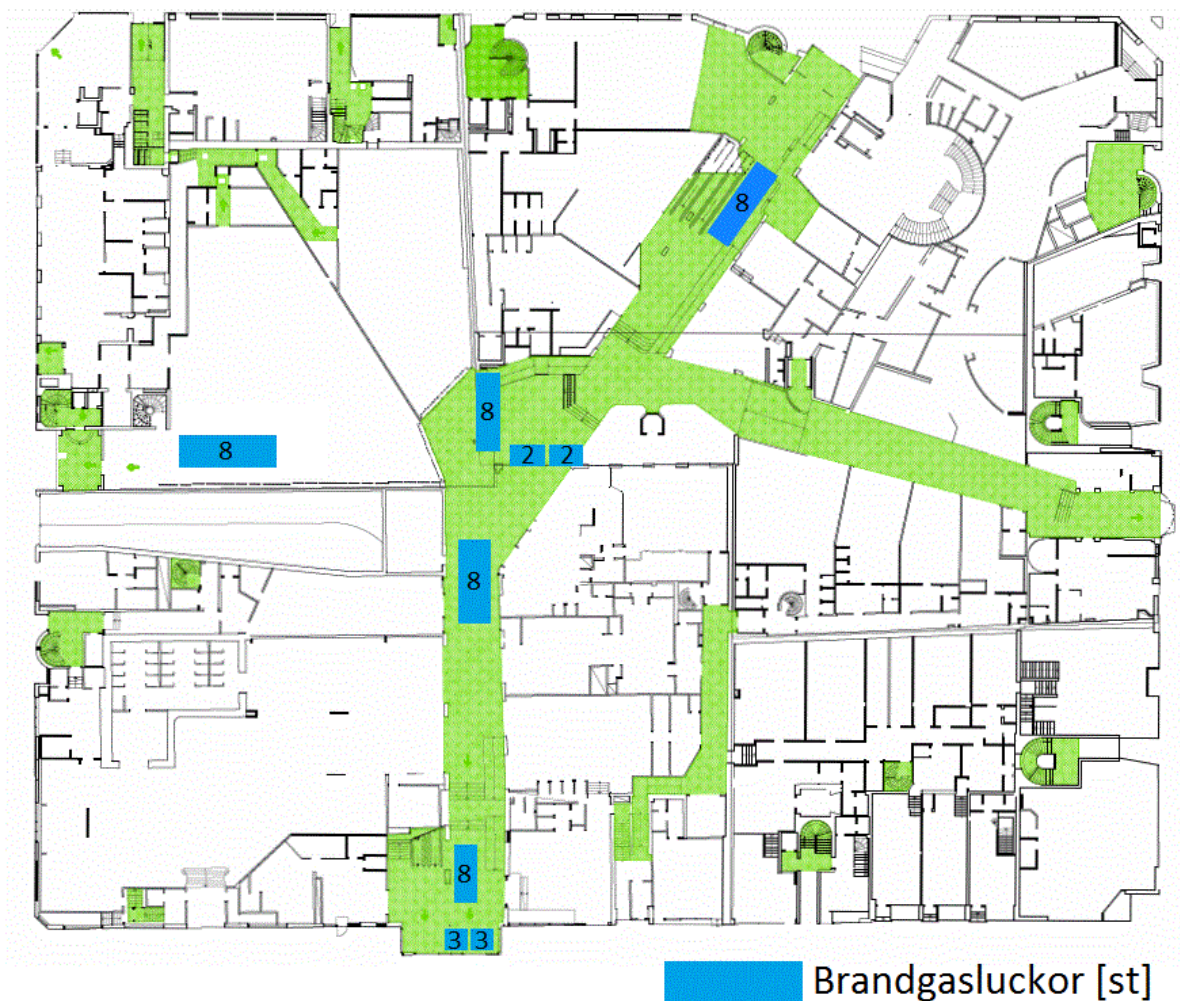
Gallerian är utrustad med sprinklersystem med två olika storlekar på sprinklerbulberna, som har okända aktiveringsegenskaper. Det finns även handbrandsläckare utplacerade i gångstråken och i verksamheterna.

3.4 Brand- och utrymningslarm

Brand- och utrymningslarmet i Gallerian aktiveras vid detektion via branddetektor, aktiverad sprinkler eller via larmknapp. Larmet är ett talat utrymningslarm som meddelar Gallerians besökare på både svenska och engelska. Då det inte fanns information om vad larmet förmedlar utgår rapporten från att det är ett enkelt talat larm.

3.5 Brandgasventilation

Brandgasventilation i form av brandfläkt saknas i Gallerian. Däremot har Gallerian totalt 50 stycken brandgasluckor över gångstråket, ariet och Akademibokhandeln. Varje lucka har en uppskattad area på 1 m² och öppnas av räddningsledare genom knapptryckning vid insatspunkten. För placering av brandgasluckorna, se Figur 10.



Figur 10. Gallerians första plan med markeringar för brandgasluckor (area tech, et al., 2012).

3.6 Systematiskt brandskyddsarbete

Fastighetsförvaltaren M & P Asset Management tillhandahåller en sammanfattad säkerhetsmanual för fastigheten som finns tillgänglig för Gallerians hyresgäster. I manualen finns information och anvisningar till butiker och restauranger om vilket tillvägagångssätt som ska följas vid olika typer av driftstörningar. Det finns bland annat information om förebyggande brandskyddsarbete och vad som ska göras vid händelse av brand och utrymning (M & P Asset Management, 2015).

Angående förebyggande brandskyddsarbete nämns det att utrymningsvägar alltid ska hållas framkomliga, nödutgångar ska vara fungerande och försedda med skyltning samt att handbrandsläckare ska vara tillgängliga och fungerande. Vid händelse av brand ska eventuella skadade personer räddas undan, räddningstjänsten larmas, vakten underrättas och om möjligt ska branden släckas.

Om Gallerian måste utrymmas på grund av brand, bombhot eller totalt strömavbrott kommer meddelande om utrymning att kommuniceras med tal och ljud via högtalarsystemet eller från polis och räddningstjänst med hjälp av megafon. Meddelande om utrymning ska tas på största allvar och utrymning ska påbörjas omedelbart varpå besökare ska vägledas ut ur lokalerna. Butikslokalerna ska utrymmas via närmaste entré eller skyltad utrymningsväg. Butikschef eller platschef ska sedan kontrollera att lokalen är tom och dra igen butikens jalousier samt låsa eventuella entréer ut mot gatan, till sist ska en lapp sättas upp med meddelande om att lokalen är tom. Hyresgäster med särskild uppgift om att stoppa inflödet av besökare agerar enligt beslutat arbetssätt. Återsamling ska sedan ske på bestämda uppsamlingsplatser där butikschef eller platschef kontrollerar att vederbörandes personal är på plats, om någon saknas ska polis eller brandman på plats meddelas om detta. Alla ska sedan stanna på uppsamlingsplatsen till dess att det meddelas att faran är över.

Tester och övningar sker med jämna mellanrum enligt Gallerians tekniska förvaltare. Olika delar av brand- och utrymningslarmet testas varje månad och det genomförs även utrymningsövningar på vilka det sedan görs återkoppling med eventuella åtgärder och förbättringar (Teknisk förvaltare, 2016).

Under platsbesöket gjordes en enkätundersökning för att få en inblick i de olika verksamheternas personals uppfattning och kunskap kring SBA, se Bilaga D. I enkäten ingick frågor om brandskyddsarbete och den delades ut till olika butiker och restauranger i Gallerian, totalt svarade 15 stycken personer från nio olika verksamheter. En sammanställning av enkätundersökningen presenteras i kapitel 13.

3.7 Räddningstjänst

Den lokala räddningstjänsten har en körsträcka på 2,5 alternativt 2,7 km till Gallerian och insattstiden uppskattas vara sex till sju minuter vid normala förhållanden.

4 Utrymningsdimensionering

I denna rapport kommer scenarioanalyser, beräkningar samt kvalitativa och kvantitativa bedömningar att användas för att verifiera en säker utrymning.

En beräknad tillgänglig utrymningstid, $t_{\text{tillgänglig}}$ kommer att jämföras med en beräknad utrymningstid, $t_{\text{utrymning}}$. $t_{\text{tillgänglig}}$ representerar tiden till ”kritiska förhållanden”, som är en benämning på när förhållanden i ett utrymme är oacceptabla för människor. Tiden för utrymning måste vara kortare än tiden till kritiska förhållanden för att fastställa en säker utrymning för alla personer i Gallerian. Denna tid kommer att tas fram genom handberäkningar och simuleringar i Pathfinder. Förhållandet mellan tillgänglig och faktisk utrymningstid för en godtagbar utrymning beskrivs nedan:

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

4.1 Kritiska förhållanden

BBRAD 3 (Boverket, 2013) beskriver parametrar som bör användas vid beräkning av när kritiska förhållanden uppstår. Om kriterium 1 eller 2 samt 3-5 överskrids uppstår kritiska förhållanden, se Tabell 3.

Tabell 3. Acceptabla nivåer för olika brandförhållanden.

Kriterium	Acceptabel nivå
1. Brandgaslagrets höjd ovan golv	> 1,6 meter + 0,1 * rumshöjd
2. Siktförhållande 2,0 m ovan golv	1 dB/m = 10 meter i utrymmen > 100 m ² 2 dB/m = 5 meter i utrymmen ≤ 100 m ² eller där köbildning snabbt kan ske
3. Värmestrålning/värmedos	2,5 kW/m ² eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m ² i kombination med max 60 kJ/m ² utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m ²
4. Temperatur	< 80 °C
5. Toxicitet	
• Kolmonoxid, CO	< 2000 ppm
• Koldioxid, CO ₂	< 5 %
• Syrgas, O ₂	> 15 %

Vid en välventilerad brand motsvarar 10 meter sikt ungefär 29 ppm kolmonoxid och 0,04 % koldioxid och för 3 meter är värdena 100 ppm och 0,13 %, detta har uppskattats vid försök i sopcontainer och värdena kan därför variera något från fall till fall (Jönsson, 2016). Från dessa försök kan slutsats dras om att kriteriet för sämsta siktbarhet nås långt före toxicitetskriteriet. Detta innebär att resultat angående godkänd utrymning starkt beror på vilken parameter som undersöks. Utifrån denna information kommer kriterier för toxicitet inte att undersökas. De parametrar som studeras är höjd till brandgaslager, strålning från brandgaslager, sikt och temperatur.

4.2 Utrymningsförlopp

I rapporten *Tid för utrymning vid brand* (Frantzich, 2001) beskrivs utrymningstiden, $t_{\text{utrymning}}$, som den tid som passerar från att brand startar till dess att utrymmande personer befinner sig i säkerhet. Det anges även att den kan delas upp i tre delar som sedan kan tas fram med hjälp av beräkningar eller tabeller, dessa tre delar beskrivs nedan:

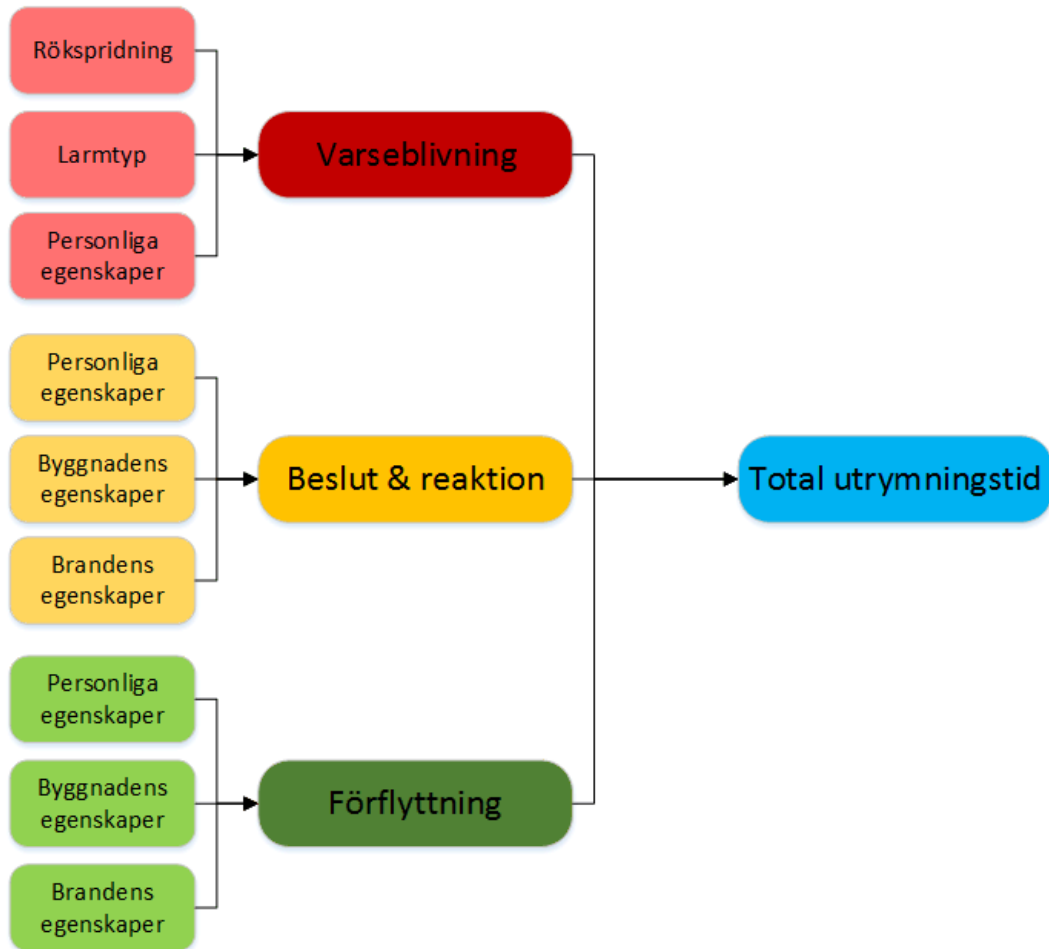
$t_{\text{varseblivning}}$	Tid från att brand startar tills personen får en yttre stimulans om att något inte stämmer. Exempelvis kan brandlarmet starta, personen uppfatta rök/flamnor eller bli informerad om att det brinner och han/hon kan komma att behöva utrymma byggnaden. Denna rapport kommer utgå från att varseblivningstiden är samma tid som detektionstiden.
$t_{\text{beslut & reaktion}}$	Tiden som förflyter mellan den tidpunkt då personen uppfattat en avvikelse i förhållandet i byggnaden tills det att den beslutar sig för att vidta åtgärder genom att exempelvis söka information, bestämma sig för att utrymma, bistå andra med hjälp eller hämta sina saker.
$t_{\text{förflyttning}}$	Den tid det tar för personen att förflytta sig till en säker plats, exempelvis en utrymningsväg eller till det fria. Förflyttningstiden kan beräknas med handberäkningar eller datorprogram. Denna rapport kommer använda datorprogrammet Pathfinder för att simulera utrymning i Gallerian.

Varseblivningstiden bör ej vara mindre än 30 sekunder om personen kan se branden, om personen inte ser branden och utrymningslarm finns bestäms tiden utifrån tidpunkten då larmet startar (Boverket, 2013).

I samtliga tre delar finns det variationer och osäkerhet i variablerna. Personer som utrymmer kan bland annat reagera olika snabbt på ett larm, ta olika lång tid på sig att ta beslut samt röra sig med olika hastigheter. Vid simuleringar och beräkningar kommer hänsyn tas till detta genom att tilldela vissa av variablerna sannolikhetsfördelningar. När dessa tre tider bestämts kan $t_{\text{utrymning}}$ beräknas enligt sambandet nedan:

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

Figur 11 nedan illustrerar vad som kan påverka de tre delarna som utgör utrymningstiden. Personernas egenskaper har stor inverkan då utrymning är en psykiskt påfrestande situation där nya händelser kan inträffa vilket försätter personerna i stressande beslutssituationer, (Frantzich, 1994). Det kan därför vara svårt att uppskatta hur lång tid de tidssteg som till stor del beror på personerna tar. Byggnadens och brandens egenskaper påverkar även utrymningstiden genom bland annat hur utrymningsvägarna är placerade och markerade, samt hur branden tillväxer och hur mycket rök som produceras. Då detta varierar mellan de brandscenarier som rapporten undersöker kommer även tiderna variera därefter.



Figur 11. Parametrar som påverkar de tre stegen i utrymningsförloppet.

5 Datorprogram

Nedan redovisas de program som använts för simulering av utrymning, detektionstid och brandförlopp i rapporten. Det beskrivs även om, och i så fall hur, dessa programs tillförlitlighet har verifierats.

För simuleringar av brandförlopp och detektion valdes Argos till simuleringsprogram. Detta gjordes på grund av programmets förmåga att utföra snabba simuleringar. Utifrån den egenskapen kunde brandscenarierna simuleras flera gånger och anpassas så att de motsvarade verkligheten så mycket som möjligt.

För utrymningssimuleringar valdes Pathfinder till simuleringsprogram. Detta gjordes på grund av det flertalet parametrar som går att anpassa för de som utrymmer. På så sätt kunde simuleringen anpassas så att den representerade ett mer realistiskt utrymningsbeteende.

5.1 Argos

Argos är ett brandsimuleringsprogram som använder sig av två-zonsmodellering och ges ut av brandskydds företaget DBI. En två-zonsmodell delar upp ett rum i två zoner, en varm och en kall, övre och undre. Den övre zonen motsvarar den varma zonen på grund av brandgasernas stigrakter. Genom att definiera det utvalda objektets geometri, materialegenskaper för väggar, golv och tak, samt en brand som energikälla kan en överskådlig simulering av brandförloppet utföras på bara några sekunder. Argos visar bland annat brandgasspridning, temperatur och strålning från brandgaslagret. Programmet redovisar detta i en effektkurva och skriver även ut vid vilka tider brandförloppets olika faser förekommer (ARGOS, 2016) & (Karlsson & James, 2000).

Trots att information som till exempel brandens tillväxtkurva eller värden för det brinnande objektet, rummets area samt materialegenskaper definieras i programmet ger Argos enbart en överskådlig simulation av brandförloppet. De värden som presenteras i Argos är enbart medelvärden för respektive zon. Därför måste det tas hänsyn till detta när resultatens trovärdighet diskuteras. Argos gör många förenklingar och det finns även flera viktiga parametrar som inte går att definiera i programmet. Ett exempel är att Argos alltid förenklar geometrin till ett kvadratisk rum (ARGOS, 2016) & (Karlsson & James, 2000).

Enligt Scherfig & Baden (1992) är resultat från simuleringar i Argos jämförbara med resultat från andra beräkningsmetoder och programmet anses vara ett tillförlitligt sätt att ta fram värden på.

5.2 Pathfinder

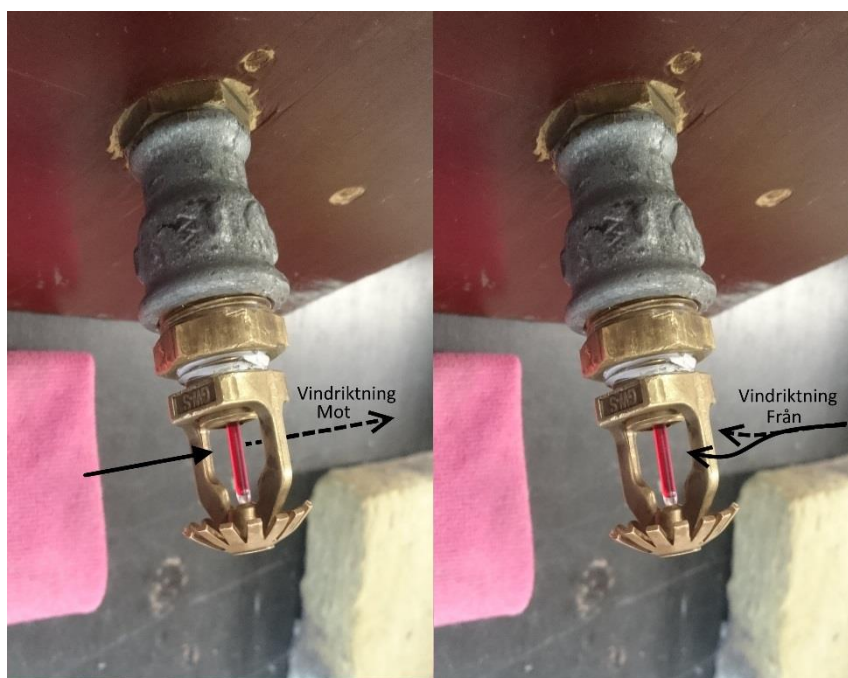
Pathfinder ges ut av Thunderhead Engineering och är en "Advanced movement simulator", vilken används av många brand- och riskföretag för att simulera utrymning. Programmet kan simulera utrymning för de flesta byggnader och målgrupper. Genom att användarna själva kan ange parametrar som folktäthet, rörelsehastighet och val av nödutgång kan en verklighetstrogen simulering av en angiven geometri utföras. Ett hänsynstagande som måste göras när parametrarna definieras är att användaren har goda kunskaper om den information som behöver appliceras (Thunderhead, 2016). I rapporten *Verification and Validation* (Thunderhead, 2015) som gjordes i syfte att validera och verifiera Pathfinder nämns det att Pathfinder ger pålitliga resultat men att programmet inte tar hänsyn till sikt eller synförmåga hos de utrymmande.

6 Sprinklerlaboration

Vid platsbesöket noterades det att ett antal butiker i Gallerian hade tjocka sprinklerbulber monterade i butiken och att det satt smala bulber i gångstråket utanför. Vid en brand i butiken skulle detta kunna leda till att sprinklerbulberna i gångstråket löser ut innan de i butiken gör det. Detta kan i så fall ge ett tryckfall i systemet vilket riskerar att sprinklerbulberna i butiken som löser ut senare inte blir försedda med tillräckligt tryck. Det beslutades därför att ett test av aktiveringstiden för tjocka respektive smala sprinklerbulber skulle genomföras i LTHs brandlaboratorium. Syftet med laborationen var att bestämma skillnaden i aktiveringstid mellan bulberna.

6.1 Metod

Sprinklerlaborationen utfördes med hjälp av en vindtunnel där luftens temperatur och hastighet kunde bestämmas med noggrann precision. Temperaturen sattes till 197° C och vindhastigheten till 2,56 meter per sekund. De beskrivna värdena är hämtade från en rapport publicerad av FM Global, (Approvals, 2009). Sprinklerhuvudena placerades i vindtunneln med olika riktningar, dels med hela bulben exponerad mot den varma luften i testanordningen (mot) samt delvis skyddad av sprinklerhuvudets metalldelar (från), se Figur 12.



Figur 12. T.v. motsvarar sprinklerbulb placerad mot vindriktning. T.h. motsvarar sprinklerbulb placerad från vindriktning.

Därefter togs tiden från att sprinklerbulberna blev exponerade för den varma luftströmmen tills att de aktiverade. Totalt genomfördes åtta försök där varje bulbstorlek testades fyra gånger, två gånger i riktning mot flödet och två gånger i riktning från flödet.

Bild på vindtunnel och sprinklerbulber som testats redovisas i Figur 13 nedan.

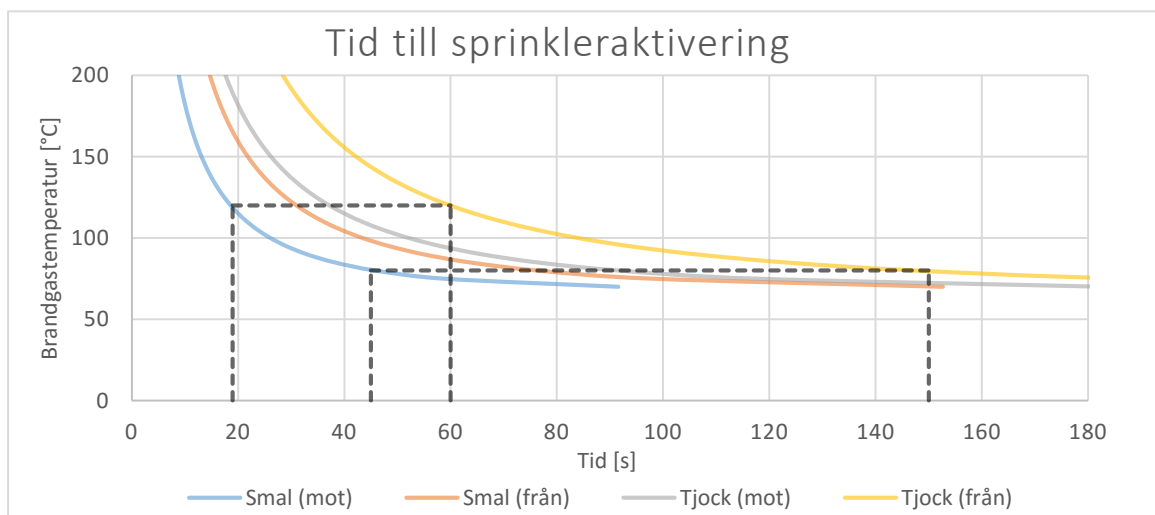


Figur 13. T.v visar vindtunnel som användes vid experimenten. T.h. Visar sprinklerbulber som användes vid experimentet.

Efter att sprinklerbulbernas tid till aktivering tagits fram för testad temperatur och vindhastighet beräknades ett RTI-värde ut för varje försök. Dessa användes sedan för att få fram den graf som visar tid till aktivering vid olika temperaturer. Fullständig beräkningsgång samt resultat redovisas i Bilaga F.

6.2 Resultat

I Figur 14 nedan presenteras resultaten från sprinklerlaborationen i form av fyra olika grafer. Varje graf representerar en sprinklerbulb som är smal eller tjock, samt placerad så hela bulben är exponerad mot den varma luften (mot) eller så att metalldelarna delvis skymmer bulben (från). De streckade linjerna jämför aktiveringstiderna för bulberna vid två olika temperaturer, 80 och 120°C.



Figur 14. Tid till sprinkleraktivering med olika tjocklekar på bulberna och placering av sprinklerbulvet.

Ur figuren går det att utläsa att skillnaden mellan bulbernas aktiveringstid minskar ju högre brandgasernas temperatur är. Om konfigurationen ”Smal (mot)” jämförs med ”Tjock (från)” syns det att om brandgaserna är cirka 80°C kan den lilla bulben aktiveras mer än 100 sekunder innan den större bulben. För att detta ska ske krävs det dock att brandgaserna vid båda bulberna är vid samma temperatur. En analys av vad detta innebär för Gallerians brandsäkerhet genomförs i kapitel 14.7.

7 Identifiering av brandscenarier

I detta kapitel beskrivs vanliga orsaker till varför bränder startar i handelsbyggnader, som sedan kompletteras med statistik över tidigare händelser i Sverige. Handelsbyggnader antas vara byggnader som liknar Gallerian, exempelvis andra köpcenter och det utrymme som benämns som ”kök” antas vara kök i restaurangverksamheter. Utöver det kommer en grovanalys av 15 potentiella brandscenarier göras där resultatet presenteras i en riskmatris, se Figur 20. Efter grovanalyserna följer en kortare beskrivning av tre scenarier som valts för vidare att undersökning.

7.1 Brandorsak

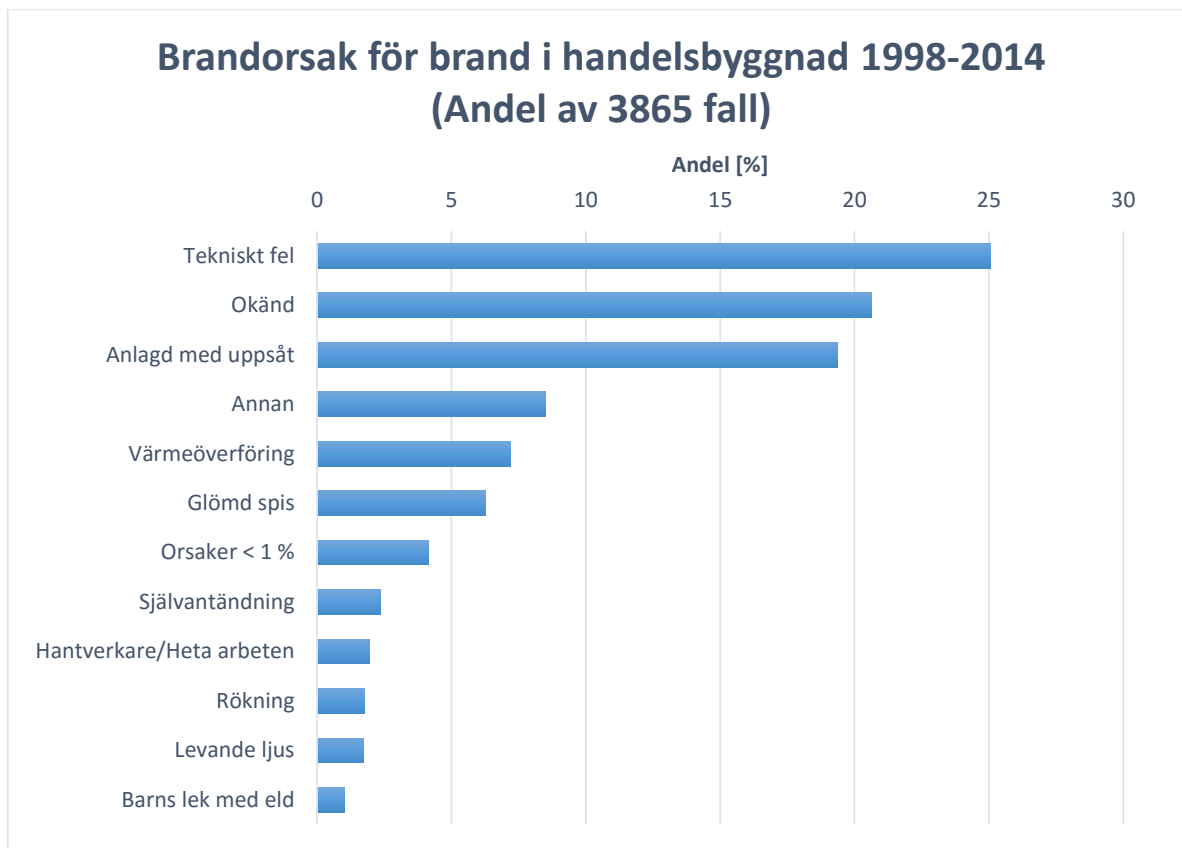
I verksamheter som hanterar brännbart material finns en risk för uppkomst av brand. I allmänna byggnader som exempelvis Gallerian är några av de vanligaste brandorsakerna enligt Department for Communities and Local Government (DCLG) följande (DCLG, 2006):

- Olyckor: när material som avger rök inte släcks helt och hållet, eller när belysningsapparater välts.
- Slarv: när elektriska installationer inte underhålls, eller när brännbart material placeras för nära värmekällor.
- Brott: antändning av brännbara material med målsättningen att skapa brand.

7.2 Statistik

I Figur 15, 16 och 17 nedan presenteras statistik över bränder i handelsbyggnader mellan 1998-2014. Informationen är hämtad ur IDA-databasen med syfte att kunna användas för att motivera valet av brandscenarier för vidare utvärdering. Statistiken baseras på händelser som lett till insatser från den kommunala räddningstjänsten (MSB, 2015). Det underlag som har använts är brandens orsak, utrymme där branden startade samt brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst. Enskilda orsaker eller utrymnen som stod för en väldigt liten del av fallen, mindre än en procent av orsakerna och mindre än två procent för utrymnen, har lagts samman till en kategori. I Figur 17 togs inte brandspridning till annan brandcell eller om brandens omfattning var okänd vid räddningstjänstens ankomst med, då de tillsammans stod för mindre än en procent av fallen.

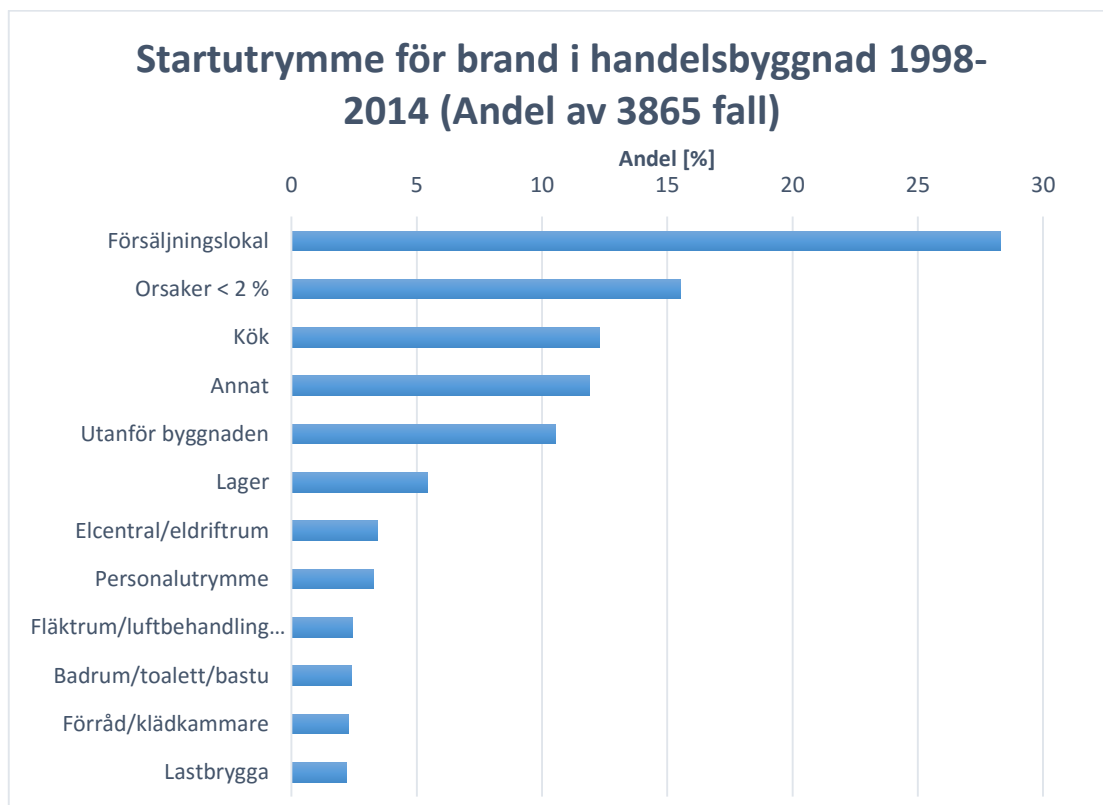
Statistiken i Figur 15 visar att bränder i handelsbyggnader med störst sannolikhet uppstår på grund av tekniska fel, okända anledningar eller är anlagda bränder. Det faktum att en så stor del av brändernas orsak är okänd medför svårigheter med att identifiera potentiella risker. Denna statistik stämmer överens med de vanligaste brandorsakerna från det föregående avsnittet.



Figur 15. Statistik över de vanligaste orsakerna till brand i handelsbyggnad mellan 1998-2014.

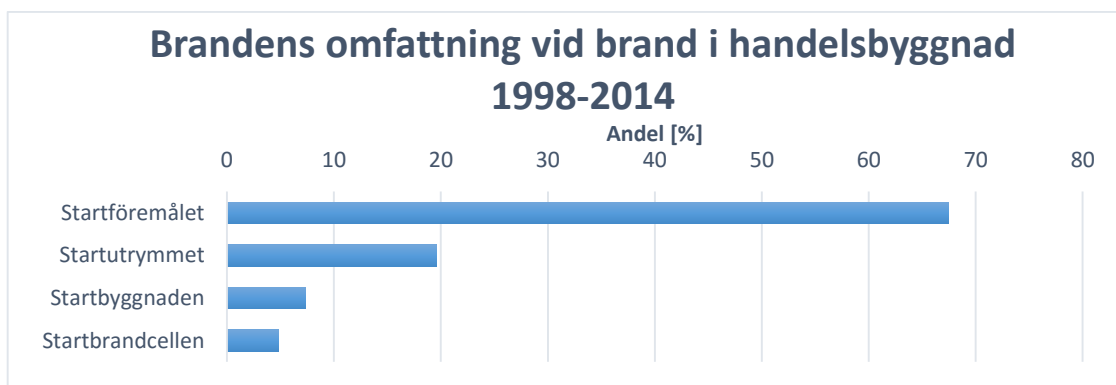
IDENTIFIERING AV BRANDSCENARIER

I Figur 16 går det utläsa att de enskilda utrymmen där flest bränder har startat är i försäljningslokaler, kök och utanför byggnaden. Att ”Utrymmen < 2 %” är så högt placerad beror på att det var många kategorier med enskilt små andelar. Detta innebär att listan på de utrymmen där bränder har startat kan göras lång, men en stor del av denna kommer innehålla utrymmen med väldigt liten statistisk sannolikhet för uppkomst av brand. Då vad som ingår i kategorin ”Annat” inte är definierat kommer den inte undersökas vidare. Rapporten har även valt att endast fokusera på bränder som startar inne i gallerian, därför kommer inte heller bränder som startar utanför byggnaden att undersökas.



Figur 16. Statistik mellan 1998-2014 som visar de vanligaste utrymmena där bränder i handelsbyggnader startade.

I de flesta fall när räddningstjänsten ankommer har inte branden spridit sig bortom det föremål där branden uppstod enligt Figur 17. Detta kan till exempel bero på brandspridningshastigheten, manuell insats av personal eller besökare eller en kort insatstid från räddningstjänsten.



Figur 17. Statistik mellan 1998-2014 för brand i handelsbyggnader som visar hur långt branden spridit sig vid räddningstjänstens ankomst.

7.3 Inventering av brandscenarier

I detta kapitel presenteras 15 möjliga brandscenarier som identifierats och som anses kunna påverka utrymningsmöjligheterna för Gallerians besökare. Se Figur 18 och 19 för placering av de olika scenarierna. Dessa scenarier redovisas senare i en riskmatris. Brandscenierna värderas utifrån uppskattad sannolikhet för uppkomst av brand och hur stor påverkan de uppskattas ha på utrymningsmöjligheterna i Gallerian. Värderingen delas upp i fem olika kategorier för sannolikhet och konsekvens: ”mycket låg, låg, medel, hög och mycket hög”. Sannolikhetsbedömningen för de olika brandscenierna bygger dels på den statistik som redovisas i kapitel 7.2 och på den grovbedömning som gjordes vid platsbesöket. Om det antas finnas flera möjliga orsaker till brand i ett scenario och om verksamhetstypen och antändningskällan är vanligt förekommande i statistiken leder detta till en högre uppskattad sannolikhet. Uppskattad påverkan på utrymningsmöjligheterna ligger till grund för konsekvensbedömningen, större uppskattad påverkan leder till en högre värdering av konsekvensen.

I brandscenierna som bedömts är samtliga butiker och restaurangverksamheter försedda med sprinkler och brandförloppen kommer därför att begränsas vid sprinkleraktivering. De verkliga konsekvenserna av eventuella bränder kommer därför att bli lägre än vad som nämns i grovanalyserna nedan. Hänsyn till sprinkleraktivering och effekten av detta kommer att tas i beaktning vid beräkning när utvalda huvudscenarier analyseras vidare.



Figur 18. Ritning över Gallerians första plan med markeringar för möjliga brandscenarier. (area tech, et al., 2012).



Figur 19. Ritning över Gallerians andra plan med markeringar för möjliga brandscenarion. (area tech, et al., 2012).

1. Restaurang & Café Meriot

På våningsplan ett finns en restaurang som är belägen mitt i Gallerians atrium mellan utgång A och C. Uppkomst av brand i denna verksamhet anses möjlig då bland annat ugn och fritös används i den dagliga driften och kan tänkas vara potentiella antändningskällor. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dessutom en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just kök. Om brand skulle uppstå antas det ske under lunchtid då ugnar och fritös används som flitigast och antalet besökare i Gallerian är högt. Brandgaserna antas stiga till våningsplan två, vilket leder till risk att korridorerna mot utgång C2 blir rökfyllda. Det är troligt att en stor del av besökare och personal i Gallerian väljer en utrymningsväg som gör att de inte behöver passera branden eller gå genom en korridor dit brandgaser har spridits. Följden av detta blir att en stor andel av personerna som utrymmer inte kommer kunna välja den närmaste utrymningsvägen. Även detta har sina följder då de får en längre sträcka att gå samt att vissa utrymningsvägar kan tänkas bli överbelastade.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta på grund av den frekventa användningen av ugnar och fritös samt att den statistik som nämnts tidigare visar att en stor del av alla bränder i handelsbyggnader startar i kök. Konsekvensen bedöms som hög då en eventuell brand antas starta under lunchtid då besökarantalet i Gallerian är högt och att branden kan komma att begränsa stora delar av utrymningsmöjligheterna.

Sannolikhet: **Låg**
 Konsekvens: **Hög**

2. Konditori & café Systrarna Ericsson

På våningsplan ett mellan utgång B och C1 finns ett café som vetter ut mot Gallerians atrium. Det är möjligt att brand kan uppstå i denna typ av verksamhet då värmekällor som ugnar används i driften. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dessutom en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just kök. Då det är ett café antas dock användningen av ugnar i huvudsak vara begränsad till tidig morgon och troligtvis då besökarantalet i Gallerian är lågt. En eventuell brand kan generera brandgaser som utöver spridning utanför konditoriet stiger till Gallerians andra våningsplan. Detta kan leda till att utrymning mot utgång B och C2 undviks av besökare och personal som annars skulle behöva passera branden eller dess brandgaser. De kan då bli tvungna att välja en utgång längre bort och på så vis få en längre utrymningstid.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg” på grund av användningen av värmekällor i köket. Dessutom startar en stor andel av alla bränder i handelsbyggnader i just kök enligt den statistik som nämnts tidigare. Konsekvensen bedöms som mycket låg då en eventuell brand antas uppstå innan Gallerian har öppnat för dagen alternativt då besökarantalet är lågt.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Mycket låg**

3. Restaurang Jensens Böfhus

På våningsplan ett vid utgång C1 finns en restaurang som har ingång både utifrån och inifrån Gallerian. I lokalerna finns utöver värmekällor som ugnar, spis och fritös bland annat en öppen brasa och levande ljus som kan tänkas leda till att en brand uppstår. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dessutom en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just kök. Restaurangen har dock som tidigare nämnts goda utrymningsmöjligheter med både utgång mot gatan samt utgång in till Gallerian, besökarna inne i restaurangen antas därför kunna utrymma säkert om en brand skulle uppstå. Om en eventuell brand leder till att brandgaser blockerar korridoren mot utgång C1 för alla besökare antas konsekvensen av detta ändå vara mycket låg. Detta då restaurangen ligger i Gallerians ena hörn vilket ger övriga besökare tid att utrymma säkert genom övriga utgångar.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg” på grund av användningen av värmekällor i köket samt levande ljus och brasa i serveringen. Dessutom startar en stor andel av alla bränder i handelsbyggnader i just kök enligt den statistik som nämnts tidigare. Konsekvensen bedöms som mycket låg då en eventuell brand inte antas påverka utrymningsmöjligheterna för en stor mängd av besökare utan endast de som befinner sig i restaurangen eller i gångstråket strax utanför.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Mycket låg**

4. Klädaffär Gina Tricot

På våningsplan ett cirka 20 meter från ingång B finns en klädbutik med en butiks- och lageryta på cirka 680 m². Butiken ligger precis under gångstråket på Gallerians andra våningsplan där det finns fler klädesbutiker. Möjliga antändningskällor är begränsade till anlagd brand alternativt gnistbildning från felande belysningsarmatur. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. Butiken antas kunna få en hastig brandtillväxt på grund av den stora mängden kläder, det kan även antas att brandgaser sprider sig till gångstråket på plan två. Detta skulle i så fall medföra att utrymning genom utgång B inte kommer vara möjlig för några besökare som har butiken mellan sig själva och utgången, vare sig de befinner sig på första eller andra plan.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som hög då butiken innehåller en stor mängd bränsle i form av kläder och brandgaser kan komma att påverka utrymningsmöjligheterna för en större mängd besökare.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Hög**

5. Klädaffär Gant

På våningsplan ett cirka 25 meter från ingång B finns en mindre klädbutik, möjliga antändningskällor är begränsade till anlagd brand alternativt gnistbildning från felande belysningsarmatur. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. Om en brand skulle uppstå i butiken finns viss risk att brand och brandgaser försvårar utrymning genom utgång B för besökare som befinner sig på fel sida av branden på våningsplan ett. Gångstråket på plan två ligger på motsatt sida och en brand i butiken antas inte påverka detta då det skulle kräva en stor mängd brandgaser.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som mycket låg då en brand troligtvis inte skulle få tillräcklig omfattning för att påverka utrymningsmöjligheterna för en större mängd besökare.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Mycket låg**

6. Akademibokhandeln

På våningsplan ett med ingång mot torget där gångstråken från det första våningsplanets utgångar möts finns en bokhandel. Möjliga antändningskällor är begränsade till anlagd brand alternativt gnistbildning från felande belysningsarmatur. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. Lokalens yta på cirka 460 m² och det stora antalet brännbara produkter medför risk för hög brandbelastning vid en eventuell brand. Brandgaser antas kunna spridas ut mot atriets torg, men även upp i en del av butiken som har en högre takhöjd. Det finns viss risk att både torget på första plan samt gångstråket mot utgång B på plan två blockeras av brandgaserna. Med tanke på produkterna som säljs i butiken förmodas brandförloppet ha en långsam tillväxthastighet. Utifrån detta antagande kommer en eventuell hög brandeffekt och stor mängd brandgaser uppnås efter en tid som troligtvis är så pass lång att utrymning genomförs. De brandgaser som uppstår vid brand i bokhandeln förväntas inte heller innehålla lika mycket hälsoskadliga gaser som vid en brand i exempelvis en klädaffär, vilket leder till att kritiska förhållanden kommer inträffa vid ett senare skede.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som låg då ett eventuellt brandförlopp trots stor omfattning antas ske så pass långsamt att säker utrymning kan genomföras innan brand- och brandgasutveckling hinner ske i tillräcklig omfattning.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Låg**

7. Brand i Papperskorg

På våningsplan ett mitt i atriet finns en papperskorg som kan tänkas vara särskilt utsatt för anlagda bränder. Enligt den statistik som redovisas i Figur 15 är anlagda bränder i handelsbyggnader även ovanligare än de som exempelvis sker på grund av tekniskt fel. En brand i papperskorgen antas bli begränsad till just papperskorgen och ge en liten rökutveckling. Det antas även att branden kommer släckas av väktare eller butikspersonal utan att möjligheten att utrymma eller personsäkerheten hinner äventyras.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms som mycket låg då den begränsas till anlagd brand. Anlagd brand är dessutom ovanligare än exempelvis tekniskt fel i handelsbyggnader enligt den statistik som nämnts tidigare. Konsekvensen bedöms som mycket låg då branden troligtvis inte kommer nå tillräcklig omfattning för att äventyra utrymningssäkerheten.

Sannolikhet: **Mycket låg**

Konsekvens: **Mycket låg**

8. Brand i soffgrupp

På våningsplan ett vid atriet finns en grupp soffor och fåtöljer för besökare. Möjliga antändningskällor är begränsade till anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 15 är anlagda bränder i handelsbyggnader även ovanligare än de som exempelvis sker på grund av tekniskt fel. Utrymmet är inte utrustat med sprinkler och har relativt låg takhöjd vilket kan leda till spridning av brandgaser. Brandgasutvecklingen kan leda till att vägen förbi sofforna blockeras för utrymning från plan ett och med en eventuell brandgasspridning kan samma sak ske i gångstråket ovanför på plan två. Då utrymmet är väl synligt från flera håll och butiker antas en brand kunna upptäckas och släckas av väktare eller butikspersonal innan utrymnings säkerheten hinner påverkas i allt för stor utsträckning.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms som mycket låg då den är begränsad till anlagd brand. Anlagd brand är dessutom ovanligare än exempelvis tekniskt fel i handelsbyggnader enligt statistiken som nämnts tidigare. Konsekvensen bedöms som medelhög då en upptäckt brand kan få konsekvenser för besökares utrymningsmöjligheter.

Sannolikhet: **Mycket låg**

Konsekvens: **Medel**

9. Underklädesaffär Två Systrar

På våningsplan två vid utgång A2 finns en butik som säljer damunderkläder. Möjliga antändningskällor är begränsade till gnistbildning från felande belysningsarmatur alternativt anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. En eventuell brand i verksamheten antas leda till brandutveckling och uppkomst av brandgaser som blockerar utgång A2. Även atriet kan tänkas bli delvis rökfyllt men utan större konsekvens för utrymningsmöjligheterna tack vare den höga takhöjden.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som låg då en brand troligtvis endast påverkar en av Gallerians utrymningsvägar och utrymningsmöjligheterna för en mindre mängd besökare.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Låg**

10. Barnklädesaffär Story Style

På våningsplan två cirka 50 meter från utgång C2 finns en butik som säljer barnkläder. Möjliga antändningskällor är begränsade till gnistbildning från felande belysningsarmatur alternativt anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. En brand i lokalen skulle kunna leda till att utgång C2 blockeras för utrymning. Butikens totala mängd bränsle bedöms som relativt låg då det finns gott om öppna ytor mellan klädesställen, kläderna som säljs är för barn och den totala bränslemängden bedöms därför som mindre jämfört med en vanlig klädbutik.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som låg då det finns viss risk att en utrymningsväg blockeras men att den begränsade bränslemängden förhindrar en allt för stor brand- och brandgasutveckling.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Låg**

11. Teknikmagasinet

På våningsplan två i nära anslutning till atriet finns en teknikbutik som har sin ingång vid gångstråket som förbinder utgång B och C2. I butiken finns plastprodukter som vid brand kan avge farliga brandgaser, möjliga antändningskällor är begränsade till gnistbildning från felande belysningsarmatur alternativt anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. Vid brand i butiken kan brandgaser spridas ut i gångstråket och ta sig mot utgång C2 och det närliggande trapphuset. Om detta sker är det inte troligt att mer än några få personer väljer en utrymningsväg som innebär att de måste passera genom brandgaserna. På grund av butikens begränsade yta och stora mängd produkter är det möjligt att en brand skulle kunna utvecklas och spridas snabbt i lokalen.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som medelhög då den stora mängden plastprodukter antas ge kraftig och giftig brandgasutveckling som kan förhindra utrymningen genom utgång C2 och trapphuset.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Medel**

12. Big Ass Art (tillfällig "pop-up" butik)

På våningsplan två cirka 30 meter från utgång B finns en inredningsbutik. Möjliga antändningskällor är begränsade till gnistbildning från felande belysningsarmatur alternativt anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. En eventuell brand av tillräcklig omfattning skulle kunna blockera utgång B för utrymning för besökare som befinner sig på plan två med branden emellan sig själva och utgången. Bränslemängden i butiken antas dock vara begränsad då endast en liten del av butiksytan upptas av produkter.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som mycket låg då utrymningsmöjligheterna endast begränsas för en mindre mängd besökare och brandutvecklingen antas bli begränsad av bränslemängden.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Mycket låg**

13. Frisörsalong Head Spot

På våningsplan två i Gallerians mitt och mellan utgång A2 och B finns en frisörsalong. Möjliga antändningskällor är gnistbildning från felande belysningsarmatur, värmekällor som plattängar och hårfönar alternativt anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dessutom en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. Det förvaras utöver frisörustrustning även en del hårvårdsprodukter i butiken, lokalen är dock endast cirka 42 m² vilket begränsar mängden brännbart material. En eventuell brand antas kunna tänkas leda till att utrymning genom utgång B begränsas för besökare som befinner sig på plan två med branden emellan sig själva och utgången.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms som medelhög då det finns flera möjliga antändningskällor som exempelvis plattängar i verksamheten. Dessutom visar den statistik som nämnts tidigare att bränder i handelsbyggnader ofta startar i just försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som låg då utrymningsmöjligheterna endast begränsas delvis och brandutvecklingen antas bli begränsad på grund av mängden bränsle.

Sannolikhet: **Medel**

Konsekvens: **Låg**

14. Sko & Nyckel Service

På våningsplan två vid utgång C2 finns en butik som bland annat säljer läsprodukter och utför nyckelservice. Möjliga antändningskällor är begränsade till gnistbildning från felande belysningsarmatur alternativt anlagd brand. Enligt den statistik som redovisas i Figur 16 startar dock en stor del av alla bränder i handelsbyggnader i just försäljningslokaler. En brand i lokalen kan leda till att utgång C2 blockeras för de som har butiken mellan sig själva och utgången. Det finns även belysningsarmatur strax ovanför huvudhöjd som täcker hela butiken och kan tänkas förhindra viss effekt av sprinkleraktivering och därmed ge en större brandutveckling. Butiken är placerad precis vid utgång C2 och antas därför inte påverka utrymningsmöjligheterna mer än genom denna utgång.

Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms vara högre än lägstanivån ”mycket låg”. Detta då den statistik som nämnts tidigare visar att bränder i handelsbyggnader ofta startar i försäljningslokaler. Konsekvensen bedöms som låg då butikens placering medför att utrymningsmöjligheterna endast begränsas för en liten mängd besökare men brandutvecklingen kan tänkas bli större än nödvändigt på grund av att sprinklernas angreppsyta möjligen begränsas.

Sannolikhet: **Låg**

Konsekvens: **Låg**

15. Brand i kontorslokaler

På våningsplan tre och uppåt i fastigheten finns kontorslokaler med fönster som vetter ut mot Gallerians atrium. Möjliga antändningskällor är begränsade till gnistbildning från felande belysningsarmatur alternativt anlagd brand. Brand kan leda till att atriet delvis rökfylls, men då takhöjden är väl tilltagen antas påverkan på Gallerians utrymningsmöjligheter vara låg. Sannolikheten för att brand ska uppstå i kontorsdelen bedöms som låg, i Figur 16 tillhör kontorsutrymme kategorin ”Orsaker < 2 %” vilket innebär att mindre än två procent av bränderna som studerats har börjat i en kontorsdel.

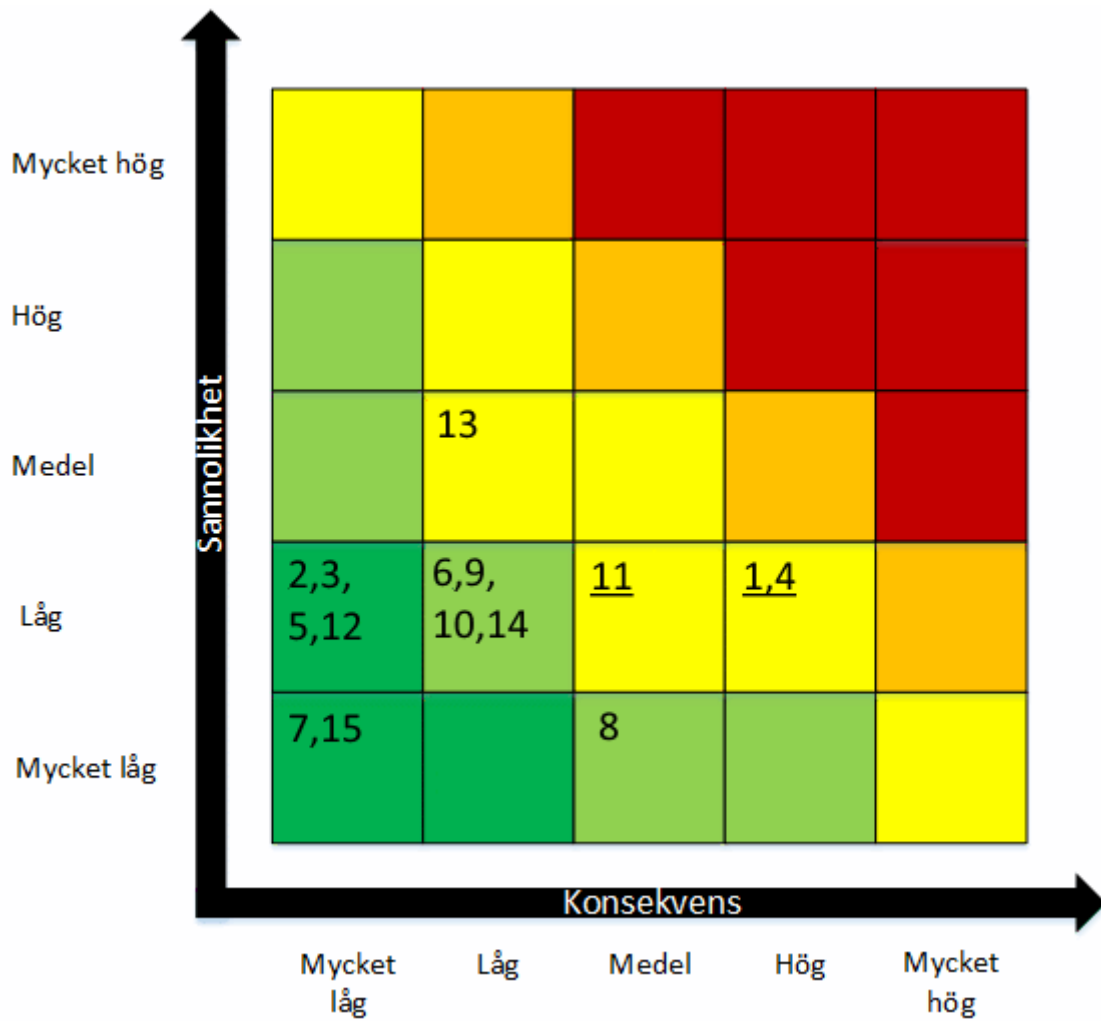
Sannolikheten för uppkomst av brand bedöms som mycket låg då det finns få möjliga antändningskällor och statistiken som nämnts tidigare visar att brand i kontorslokaler är ovanligt. Konsekvensen bedöms som mycket låg då påverkan på utrymningsmöjligheterna i Gallerian antas vara nästintill obefintlig.

Sannolikhet: **Mycket låg**

Konsekvens: **Mycket låg**

7.4 Riskmatris

Nedan sammanfattas grovanalysen i en riskmatris, där varje scenario har placerats utifrån sitt givna värde på sannolikhet och konsekvens, se Figur 20.



Figur 20. Riskmatris som redovisar de 15 inventerade scenarierna där de tre som undersöks vidare är understrukna.

7.5 Brandscenarier för utvärdering

Nedan görs en utförligare beskrivning av de tre brandscenarier från tidigare kapitel som anses ha störst påverkan på utrymningsmöjligheterna för Gallerians besökare. En fördjupad analys av de utvalda scenarierna presenteras i kapitel 9, 10 och 11.

7.5.1 Scenario 1 – Meriot Restaurang & Café

Brandscenario 1 anses vara ett av scenarierna som har störst påverkan på utrymningsmöjligheterna för besökare i Gallerian. Både sannolikheten för uppkomst av brand samt eventuell konsekvens antas vara särskilt stor. Enligt Figur 16 står brand i kök för en stor andel av bränderna i handelskategorin vilken är en av anledningarna till att just detta scenario valdes för vidare utvärdering.

Samtliga restaurangverksamheter i Gallerian har jämförts med varandra, varpå det konstaterades att konsekvenserna vid en brand i Meriot Restaurang & Café ansågs ha störst påverkan på utrymningsmöjligheterna för Gallerians besökare. Detta då brandscenario 1 kan resultera i att fler utrymningsvägar, och på så sätt fler personer, påverkas än i något annat framtaget brandscenario.

7.5.2 Scenario 4 – Gina Tricot

I jämförelse med andra potentiella brandscenarier i Gallerian antas en brand i denna klädbutik ha särskilt stor inverkan på besökarnas utrymningsmöjligheter. Både lokalens plats i byggnaden och verksamhetstypen kan tänkas bidra till detta. Butiken säljer kläder vilket kan leda till ett hastigt brandförlopp vid en eventuell brand och placeringen gör att brandgaser har potential att sprida sig uppåt till ovanliggande våning. En brand och brandgasutveckling av tillräckligt hög omfattning kan leda till att utgång B blockeras för utrymning från både plan ett och två för en stor mängd besökare och därför anses brandscenario 4 särskilt viktigt att analysera djupare.

7.5.3 Scenario 11 – Teknikmagasinet

Den stora mängd plaster och andra produkter som kan tänkas medföra ett hastigt brandförlopp samt avsevärt höga halter av hälsoskadliga brandgaser vid förbränning leder till att teknikbutiken utgör en risk för personer i Gallerian ur hälsosynpunkt samt utrymningsperspektiv. Butiken är placerad i nära anslutning till två utrymningsvägar. En av dessa är utgång C2 som leder till Punktgallerian och är en av få utrymningsvägar som är enkel att använda för personer med nedsatt rörelseförmåga. Utrymning kan därför komma att bli ytterligare omständlig för denna besökargrupp om tillgången till denna utgång försämras. Troliga orsaker till brand är tekniska fel och anlagda bränder med start i belysning, papperskorg eller pappersprodukter. Detta scenario representerar även troliga brandförlopp i övriga mindre butiker och verksamheter i Gallerian.

8 Metodik vid vidareanalys

Nedan presenteras den metodik och beräkningsgång som använts vid analys av de tre utvalda brandscenerierna i rapporten. För varje scenario har det genomförts handberäkningar samt simuleringar i Argos och Pathfinder, se Bilaga H samt Bilaga E. Framtagna resultat för respektive scenario presenteras i kapitel 9, 10 och 11.

8.1 Genomförande av handberäkningar

Tidigare rapporter av National Research Council Canada (NRC-CNRC) (2005, 2007) samt Zalok et al. (2009) redovisar genomförda försök för att simulera bränder i olika verksamheter i köpcentrum. I försöken utfördes flera experiment där olika stora bränslepaket sammansatta av representativa material för verksamheterna eldades. Därefter samlades data in om bland annat effektutveckling. Denna brandtekniska riskvärdering har utifrån dessa försök tagit fram värden på tillväxthastigheter vid förbränning genom att använda maximal HRR i försöken och tiden då dessa uppnåddes. NRC-CNRCs experiment utfördes i utrymmen som var avsevärt mindre än de lokaler i Gallerian som undersöktes (NRC-CNRC, 2007). Återstrålningen från brandglaslagret kommer därför stå för större påverkan i försöken än vad som kan förväntas i ett verkligt förlopp eller i de valda brandscenerierna. Detta medförde att framtagna värden till handberäkningarna blev konservativa.

För att ta hänsyn till osäkerheter vid uppskattningar av brandförloppen användes senare en högre tillväxthastighet i en känslighetsanalys. Denna hastighet var cirka 50 % högre än den beräknade då detta ansågs vara en tillräckligt konservativ bedömning.

Verksamheternas energiinnehåll togs fram genom att använda testvärden från samma rapport där sammansättningarna av produkter gav olika brandbelastningar i MJ per kvadratmeter golvyta (NRC-CNRC, 2005, 2007). En uppskattning av hur stor golvyta som upptogs av liknande produkter gjordes sedan för varje scenario. Därefter kunde den effektiva ytan multipliceras med brandbelastningen för scenariot och på så sätt få fram energiinnehållet i respektive verksamhet.

Vidare beräknades huruvida bränderna blev ventilations- eller bränslekontrollerade och om det skedde övertändning via beräkningsmetoder från Bilaga B. Då effekt vid övertändning är tidsberoende utfördes tre beräkningar med tiderna 60, 120 och 600 sekunder för att uppskatta om detta skedde innan Gallerian var utrymd.

Brändernas maximala effektutvecklingar togs fram genom att studera effektkurvan från respektive försök i ovan nämnda rapport. Mängden produkter i försöket jämfördes sedan med den mängd som kunde förväntas finnas i en brand i den verkliga butiken eller verksamheten. Detta gav maxeffekter utan hänsyn till eventuella sprinklerinstallationer. Då verksamheterna var utrustade med sprinkler simulerades tid till aktivering av dessa i Argos. Sprinklerbulbernas RTI-värden togs ur resultaten från tidigare nämnda sprinklertester, se Bilaga F. De handberäknade effektutvecklingskurvorna presenteras i respektive scenarios känslighetsanalys och modifierades på följande sätt med hänsyn till inverkan av sprinkler (Boverket, 2013):

Vid sprinkleraktivering förändras effektkurvan enligt:

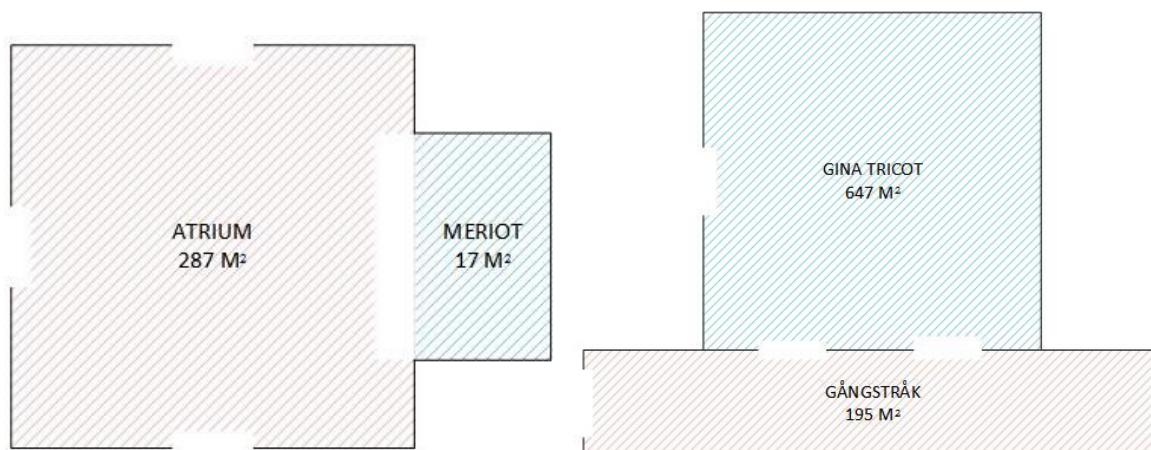
- Konstant effekt i en minut
- Effekten minskar sedan till 1/3 under följande minut
- Konstant effekt tills bränslet brunnit upp

Tid till detektion för rökdetektorerna beräknades delvis för hand, för att sedan jämföras med simuleringar i Argos, se Bilaga H.

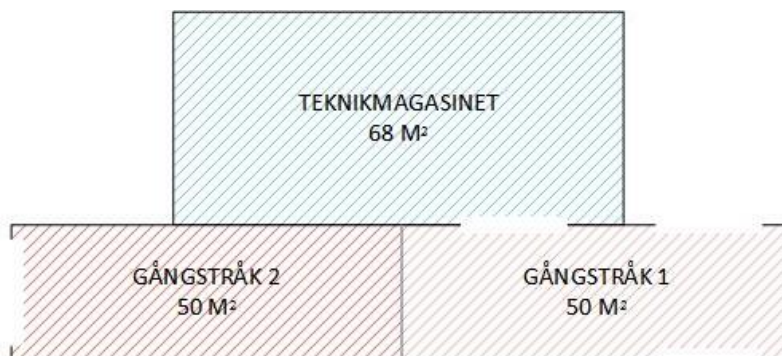
8.2 Brandförloppssimulering i Argos

De tre utvalda brandscenarierna återskapades i Argos. Först byggdes geometrin upp för verksamheterna och dess närliggande omgivning, därefter skapades en brand utifrån handberäkningarna, och till sist lades värden för befintliga sprinklers och rökdetektorer in. Varje scenario simulerades två gånger med varierande tillväxthastigheter.

Geometrin återskapades i Argos utifrån area, höjd och perimeter som indata. Denna togs fram med hjälp av ritningsunderlag och kompletterande uppgifter vid platsbesök. Figur 21 och 22 redovisar uppbyggnaden för varje verksamhet och närliggande gångstråk respektive atrium.



Figur 21. T.v. Restaurang Meriot och anslutande atriums geometrier. T.h. Butiken Gina Tricot.



Figur 22. Butiken Teknikmagasinet och anslutande gångstråks geometrier.

Brandförloppen i de olika verksamheterna skapades utifrån ”solid fire source” i Argos, där rökpotential från experiment utförda av NRC-CNRC, samt en uppskattad storlek på möjlig brandkälla beskrevs. Därefter anpassades variabler som horisontal brandspridning, strålningseffekt och tid till bränslet brunnit upp, så att effektkurvan stämde överens med försöken och handberäkningarna, se Bilaga H.

Värden för sprinkler lades in i respektive scenario, där indata för aktiveringstemperatur och RTI-värden togs från laborationen i Bilaga F. I simuleringarna av Gina Tricot och Teknikmagasinet användes standardinställningarna för Argos rökdetektorer. Rökdetektorer simulerades inte i Meriot, då ingen detektor observerades vid platsbesöket.

8.3 Utrymningssimulering i Pathfinder

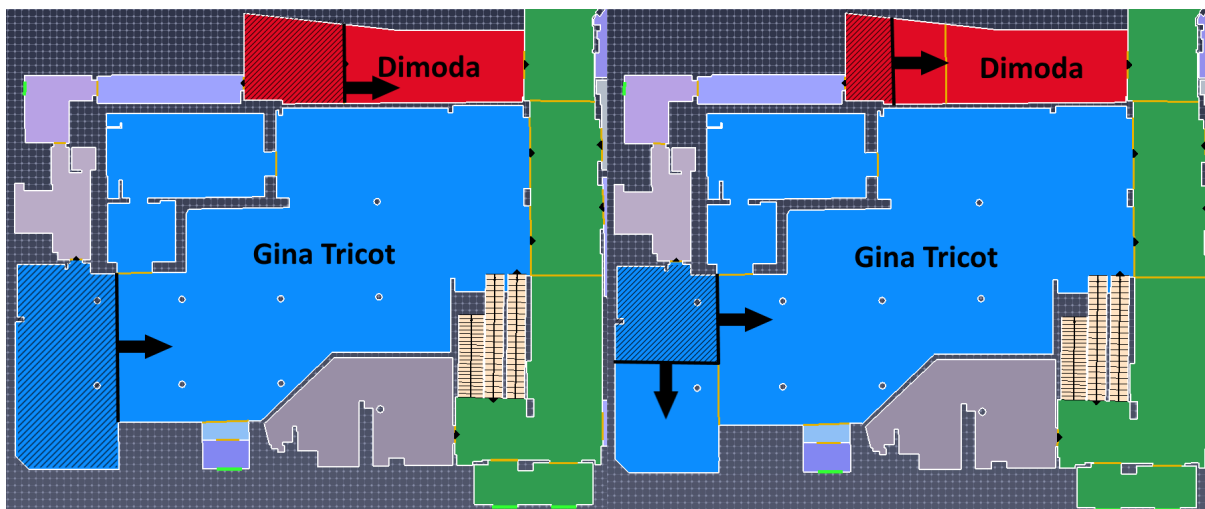
Utrymningen påverkas delvis av antalet personer i lokalen och i BBR 22 anges en dimensionerande persontäthet på 0,5 personer per kvadratmeter för köpcentrum (Boverket, 2016). Värdet på 0,5 stämmer överens med rapporten *Persontäthet vid utrymningsberäkningar - Köpcentrums persontätheter* (Erdsjö & Lindberg, 2008) som undersökt persontätheter i olika köpcentrum. Detta är dock ett värde som används vid dimensionering av brandskyddet, vilket innebär att det sällan förväntas att det överskrids (Johansson, 1999).

Under besöket erhöles information om att vanligt besökarantal i Gallerian var cirka 700 stycken (Teknisk förvaltare, 2016). Detta gav en persontäthet på cirka 0,09 personer per kvadratmeter vilket är nära det medelvärde på 0,08 som Johansson (1999) kommer fram till. Simuleringar genomfördes därför med båda dessa besökarantal för att undersöka hur resultaten skiljde sig åt, men med mest fokus på det värde som angavs vid besöket då det var mer relevant och sannolikt. Vid simulering togs det även hänsyn till att personer oftast inte vistas i hela Gallerian, utan endast i en begränsad del. Utrymmen som antogs vara lager och förråd innehöll därför inte personer vid simuleringarnas början, medan kök och serveringsstationer som ansågs vara bemannade hela tiden innehöll människor.

Något som det inte togs hänsyn till var ej fasta möblemang i verksamheterna som till exempel hyllor eller bord med varor. Detta gjordes delvis för att det inte undersöktes hur butikerna var inredda under besöket, men även för att det ofta är upp till verksamheterna själva att inreda och det då kan komma att ommöbleras vilket simuleringen i så fall inte skulle ta hänsyn till. Istället valdes det att simulera butikerna utan inredning för att ge mer överskådliga värden. Hur detta skulle kunna påverka resultatet tas upp senare i diskussionen. Enligt gällande rutiner vid brand ska personal se till att besökare utrymmer verksamheten varefter de ska stänga ner sin verksamhet (M & P Asset Management, 2015). För simulering i Pathfinder innebar detta att personer inte kunde gå in i verksamheterna under utrymningen, endast ut. I en tidigare rapport som undersökte butikspersonals beteende vid brand visade det sig att personal reagerade på larm och påbörjade förberedelser inför utrymning nästan dubbelt så fort som besökarna (Samochine, et al., 2005). Tiden för beslut och reaktion för personer i simuleringen ansattes däremot till värden för besökare från artikeln *A study of evacuation from large retail stores* (Shields & Boyce, 2000). Detta på grund av att det var svårt att ta hänsyn till hur besökarna påverkades av personalens tidigare agerande samtidigt som personalen troligtvis inte börjar förflytta sig förrän efter besökarna är utanför verksamheten, se Bilaga E för använda värden.

En annan avgränsning som gjordes var att bakre delar av verksamheterna delades av med en fiktiv linje. Syftet med detta var att simulera att personer bakom linjen kunde välja att gå ut via bakre utgångarna eller gå genom butiken och ut genom huvudingången, medan de i den främre delen endast kunde ta huvudingången. Anledningen till att detta gjordes var för att personer oftast väljer att gå ut genom samma väg de kom in förutsatt att den inte är för långt bort (Benthorn & Frantzich, 1996). Samtidigt visade det sig i tidiga simuleringar att en större andel än vad som ansågs troligt valde att gå ut där bak. Det undersöktes även om placeringen av denna fiktiva linje påverkade utrymningstiderna genom att variera hur långt bak i butiken den drogs och på så sätt påverka hur stort område den skar av. I första simuleringen upptog området med en yta något större än kassadelen för respektive verksamhet, därefter genomfördes en simulering där området var ungefär hälften så stort. Utrymningstiden varierade med cirka tio sekunder i ett förlopp som varade i cirka fem minuter i båda fallen, se Tabell 35 i Bilaga E.

Det valdes därefter att fortsätta simuleringarna med den större delen av verksamheterna avgränsad. Detta var det scenario där utrymningstiden var som längst, vilket gav ett konservativt resultat. Figur 23 nedan visar hur bland annat Gina Tricot och Dimoda har avgränsats på två olika sätt. De svarta linjerna anger var avgränsningen är och pilen på linjen anger att personer endast kan gå i den riktningen förbi linjen. På linjerna sattes dörrar som var lika breda som linjerna för att personerna skulle kunna passera var som helst på linjen.



Figur 23. Illustration över hur bakre delar av verksamheterna avdelats där den svarta linjen anger var indelningen sker. Den blå ytan motsvarar Gina Tricot, den röda Dimoda och den gröna motsvarar gångstråket.

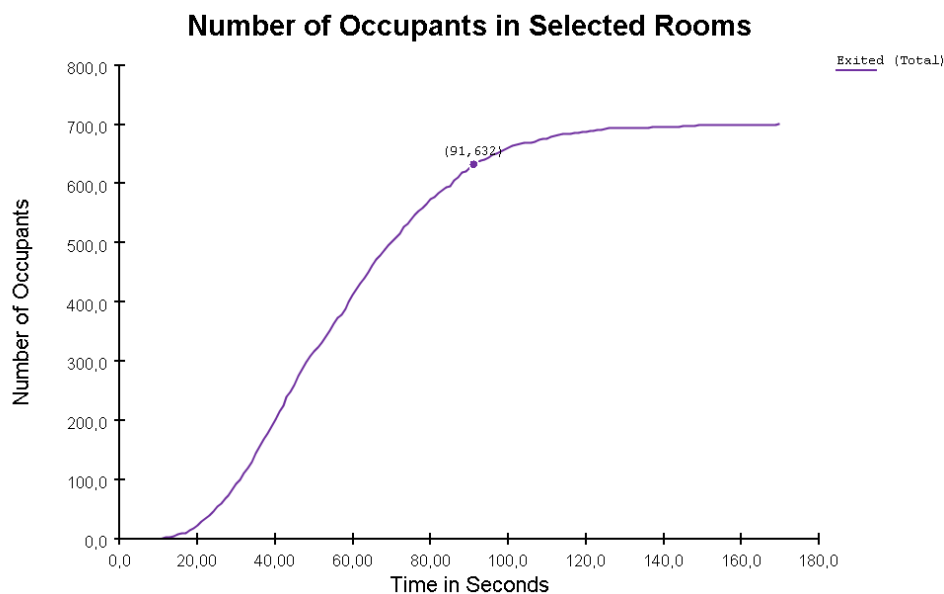
För att ta hänsyn till att de typer av människor som besöker Gallerian varierar beroende på dag och tidpunkt utfördes i tidigt skede fem simuleringar där fördelningen mellan barn, vuxna, äldre och människor med nedsatt rörelseförmåga varierades. Därefter studerades resultaten och efter diskussion valdes fördelningen "E.m. helg" som ska representera besökarfördelningen på en eftermiddag under helgen. Denna ansågs mest representativ för fortsatta simuleringar samtidigt som dess tider låg strax över de genomsnittliga tiderna för de fem simuleringarna, se Bilaga E för värden.

För att undersöka hur utrymningstiden för hela Gallerian varierade beroende på antal personer och tillgängliga utrymningsvägar genomfördes fyra simuleringar där dessa variabler varierades. Resultaten presenteras i Tabell 4 nedan, i dessa tider ingår dock inte tiden till detektion då det endast var av intresse att undersöka tiden från att larmet går tills Gallerian är tom.

Tabell 4. Tid för utrymning av Gallerian med olika personantal och tillgängliga utrymningsvägar.

Antal personer [st]	Utrymningsmöjligheter	Tid för utrymning exkl. detektionstid [s]
700	Alla	150
	Fokus på gångstråk	170
3698	Alla	235
	Fokus på gångstråk	324

Figur 24 nedan visar ett exempel på resultat av utförd metodik på hur utrymning av hela Gallerian sett ut i Pathfinder. Antal utrymda personer representeras av y-axeln. Efter cirka 170 sekunder hade alla utrymt, i den tiden inkluderades då tid för beslut och reaktion samt förflyttningstiden men inte varseblivningstiden. 90 % av personerna hade utrymt efter ungefär 90 sekunder efter att larmet startat, vilket innebär att det var förhållandevis få personer som var kvar under en längre tid av utrymningens senare del.



Figur 24. Kumulativt antal utrymda personer med markering där cirka 90 % av personerna har utrymt.

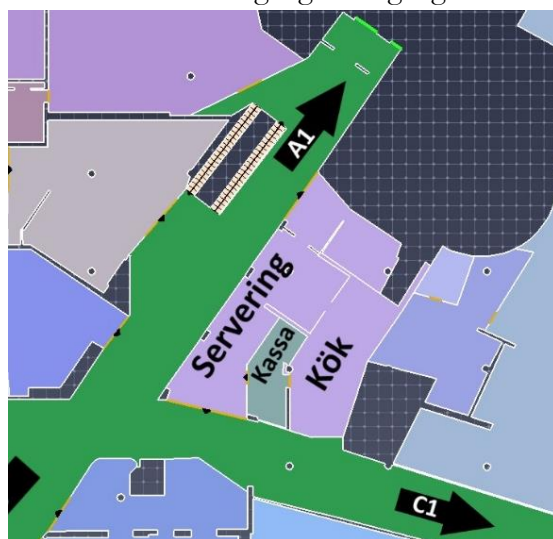
9 Scenario 1 – Meriot Restaurang & Café

Som det tidigare nämnts i rapporten valdes detta scenario då det utgjorde ett av de teoretiskt värsta brandscenerierna som skulle kunna förekomma i Gallerian utifrån potentiell omfattning av brandförlopp, sannolikhet för uppkomst av brand och placering. Resultat från detta kapitel kommer i kapitel 14.1 att jämföras med tid till kritiska förhållanden som återfinns i kapitel 4.1. Se Figur 25 för restaurangens placering i Gallerian.



Figur 25. Meriot Restaurang & Cafés placering på Gallerians första våningsplan (area tech, et al., 2012).

Indelningen av verksamheten och närmaste utgångar via gångstråket illustreras i Figur 26 nedan.



Figur 26. Uppdelning av kök, kassadel och serveringsdel för Meriot samt anvisning till utgångarna.

9.1 Förväntat brandförlopp

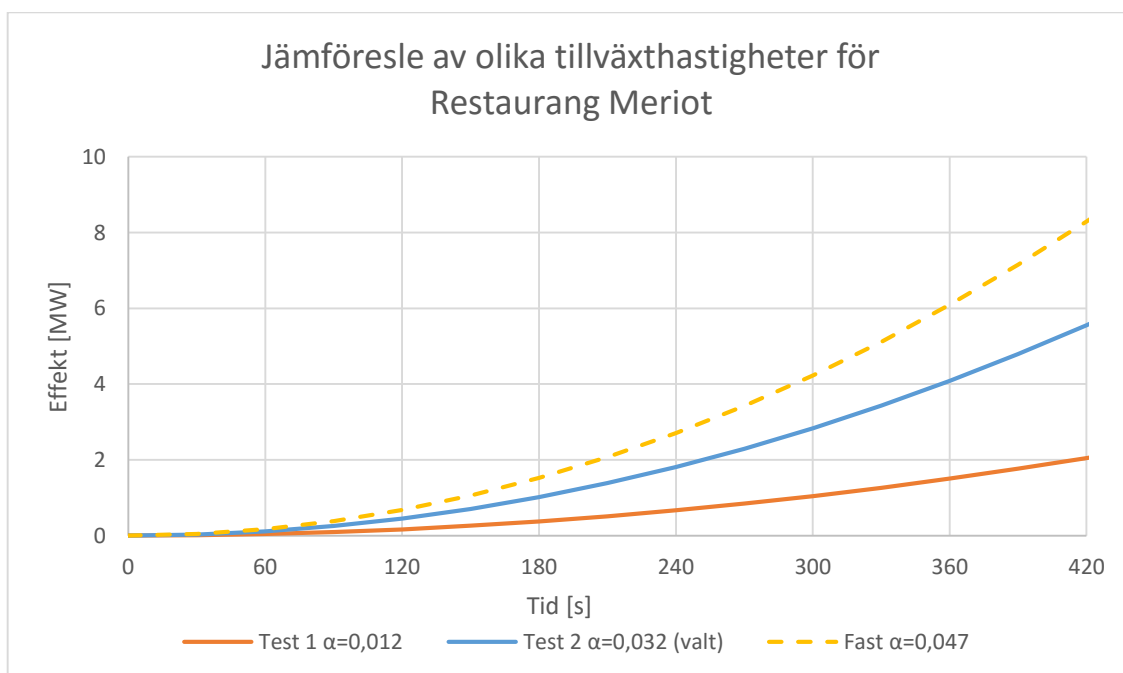
En trolig antändningspunkt för brandscenariot är något av de brännbara material som är placerade nära ugnen eller fritösen vid kassan. Då det inte finns någon brandcellsindelning mellan restaurangen och övriga gångstråket i Gallerian bedöms spridning av brand och brandgaser till andra delar av Gallerian trolig. Om brand startar i restaurangens kassadel är sannolikheten stor att brandgaserna letar sig ut till atriets och stiger mot taket där de kan sprida sig till våningsplan två.

Precis ovanför restaurangen finns serveringsyta för en annan restaurangverksamhet. Därifrån har brandgaslagret möjlighet att sprida sig mot nödutgång C2, samt försvåra utrymning till nödutgång A2. Det kan även finnas en risk för att en del besökare undviker att utrymma via nödutgång A1 och C1, då det innebär att många av dem måste passera branden. Restaurangen är dock utrustad med sprinkler vilket troligtvis kommer påverka brandförloppet, vid beräkningar och simuleringar tas detta i beaktning.

9.2 Handberäkningar

I följande kapitel presenteras resultat från handberäkningar, vilka har utförts enligt den beskrivna beräkningsmetodiken i kapitel 8.1.

Figur 27 redovisar de tillväxthastigheter som jämförts vid val av tillväxthastigheten. ”Test 1 - 2” motsvarar värden för tillväxthastigheten gällande experiment på ”Fast food restaurant or kitchen” tagna från rapporterna *Design Fires for Commercial Premises Phase 1 - 2* (NRC-CNRC, 2005, 2007). ”Fast” är ett standardvärde som används vid uppskattning av brandtillväxt i olika verksamheter (Karlsson & James, 2000). ”Test 2” valdes till den dimensionerande tillväxthastigheten för brandförloppet då denna ansågs vara den mest troliga tillväxthastigheten utifrån tidigare nämnda experiment. Känslighetsanalysen i kapitel 9.4 jämför den dimensionerande tillväxthastigheten med det mer konservativa värdet för ”Fast”.



Figur 27. Redovisning av olika tillväxthastigheter för brandscenario 1. ”Test 2” utgör vald tillväxtkurva.

Tabell 5 redovisar de värden som tagits fram för att bilda en uppfattning av brandförloppets effektkurva. Uppskattade värden för energiinnehåll i kök och effektutveckling för bränslepaket är tagna från tidigare nämnda experiment. I experimentet antändes bränslepaket bestående av material som vanligtvis förekommer i restaurangverksamheter, så som trähyllor, oljor och andra matprodukter, varpå en effektkurva togs fram (NRC-CNRC, 2007). Dimensionerande bränslepaket i Meriot antogs vara två gånger större än det bränslepaket som nämnts i rapporten, vilket motsvarar en maximal effekt på cirka 5,5 MW om branden får utvecklas utan yttre påverkan. Handberäknad effektkurva med sprinklerpåverkan redovisas i kapitel 9.4.1.

Tabell 5. Parametrar för beräkning av effektkurvan i Meriot.

Parameter	Enhet	Värde
Beräknat α	[kW/s ²]	0,032
Energiinnehåll i kassadelen	[MJ]	6290
Maximal effektutveckling från tre bränslepaket	[MW]	5,5

Enligt beräkningar i Bilaga A finns risk att övertändning sker om branden får utvecklas obehindrat. Branden kommer enligt Bilaga B att vara bränslekontrollerad då dess effekt inte uppnår kravet för ventilationskontrollerad brand.

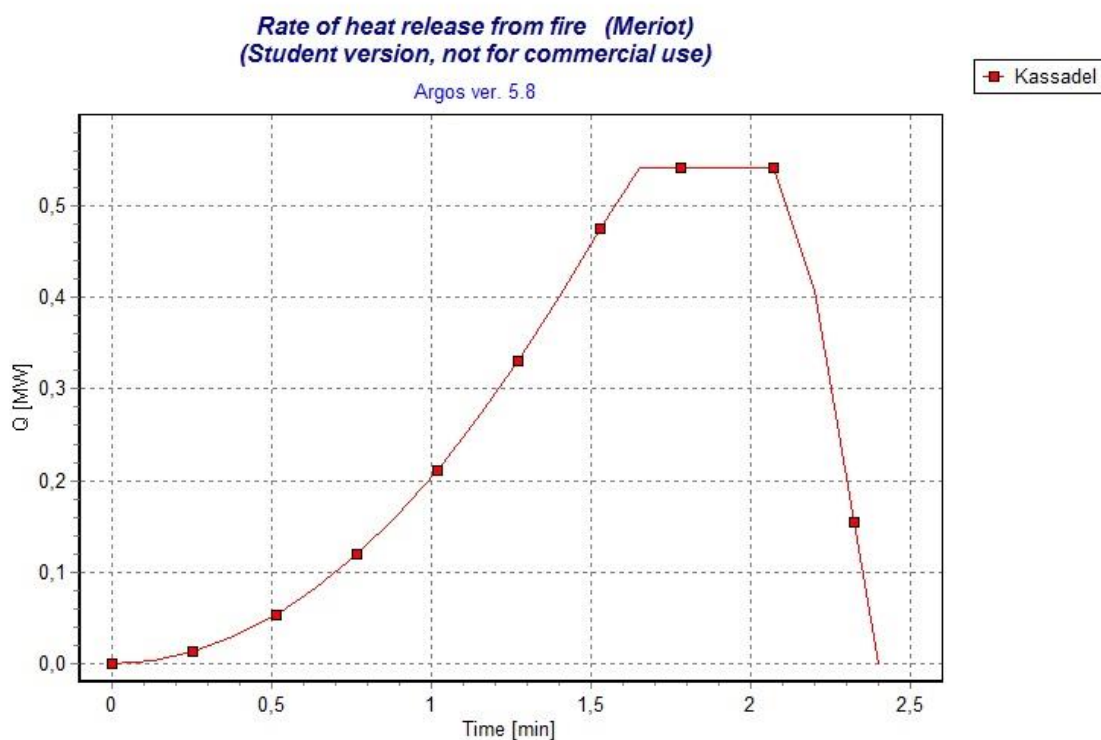
9.3 Simuleringar

I detta kapitel redovisas resultat från simuleringar i Argos och Pathfinder. Hur simuleringarna generellt utförts redovisas i kapitel 8.2 respektive 8.3. Scenariospecifika inställningar och antaganden redogörs under respektive kapitel.

9.3.1 Argos

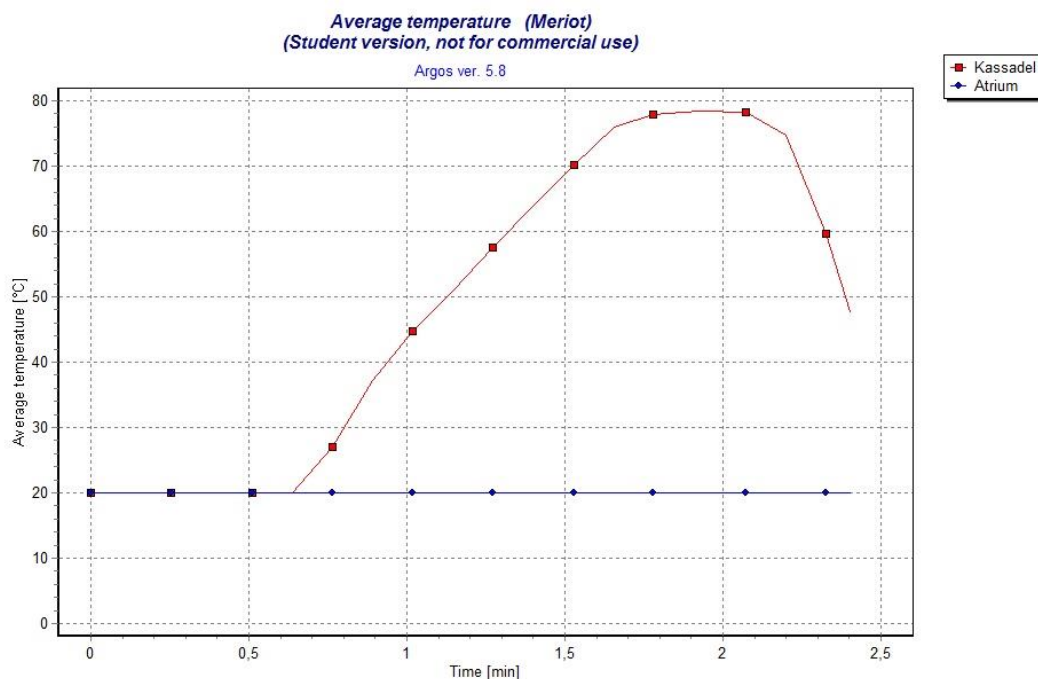
Följande figurer och tabeller redovisar simuleringsresultat från Argos utifrån det dimensionerande brandförloppet med värden från handberäkningarna. Fullständig information om indata redovisas i Bilaga H.

Figur 28 nedan visar effektkurvan från det simulerade brandförloppet. Branden når cirka 540 kW efter ungefär en och en halv minut, då den begränsas av sprinkleraktiveringen. Effekten förblir konstant i cirka en halv minut, och under den tiden nås den maximala temperaturen på 77°C i kassadelen. Enligt simuleringen slocknar branden efter två och en halv minut.



Figur 28. Effektkurva från Argos för det dimensionerade brandförloppet i Meriot.

Figur 29 redovisar hur medeltemperaturen i kassadelen respektive atriet ändras under det dimensionerande brandförloppet.



Figur 29. Ändring av medeltemperatur över tid i kassadel respektive atrium.

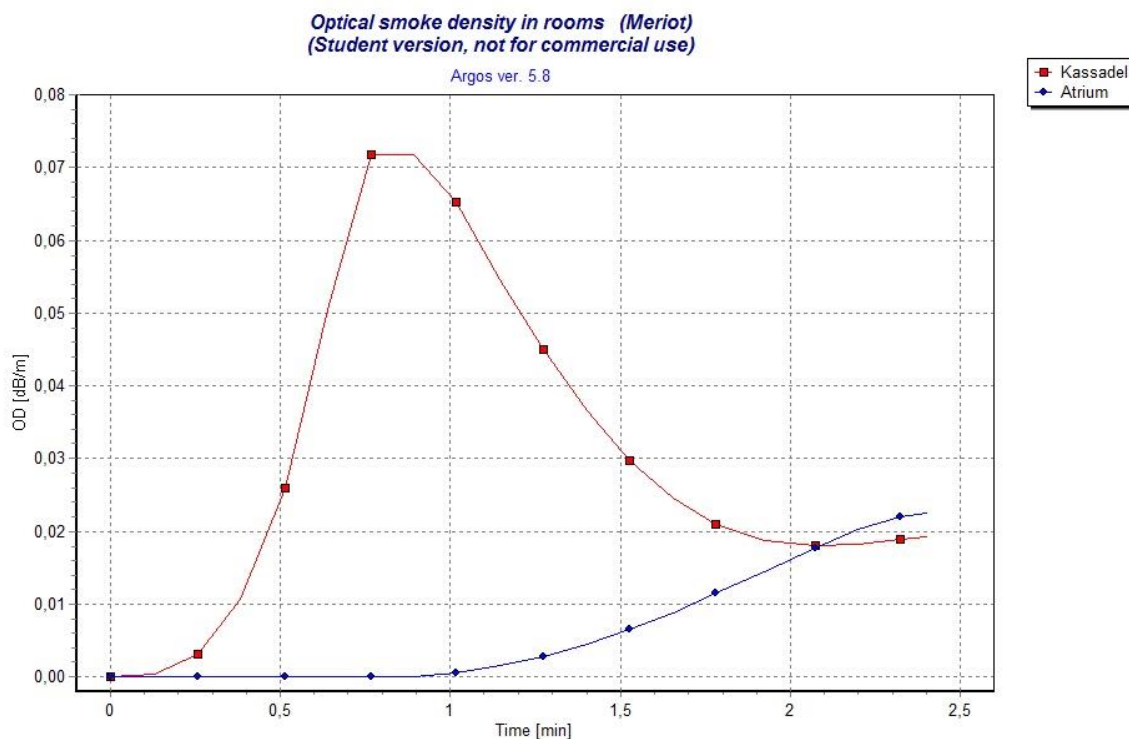
I Tabell 6 visas uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden vid kassan och i atriet, se Figur 21 för illustration över rummets uppdelningar.

Tabell 6. Resultat från simulering i Argos för Meriot och angränsande atrium med maximal medeltemperatur och värmestrålning från brandgaslager samt lägsta höjd till brandgaslagret.

Parameter	Värde
T_{medel} [°C]	
Kassa	77
Atrium	20
Höjd till brandgaslager [m]	
Kassa	2
Atrium	13
\dot{Q}''_{max} [kW/m²]	
Kassa	0,88
Atrium	-

SCENARIO 1 – MERIOT RESTAURANG & CAFÉ

Figur 30 redovisar hur medelvärdet för den optiska densiteten ändras med tiden för respektive rum i brandscenariot där 1dB/m motsvarar en sikt på cirka 10 meter (ARGOS, 2016). Värdena avser zonen under brandgaslagret, som enligt Tabell 6 blir som lägst 2 meter i kassadeln och 13 meter i atriet.



Figur 30. Ändring i medelvärde för optisk densitet under brandförloppet i kassadel och atriet.

9.3.2 Pathfinder

Efter att brandförloppet definierats utifrån handberäkningar och simuleringar i Argos utfördes simuleringar i Pathfinder, med anpassade inställningar som så korrekt som möjligt skulle motsvara människors beteende för just detta brandscenario. Fullständig information med indata redovisas i Bilaga E.

Utifrån antagandet att rökdetektor saknas i kassadeln utgicks det från att personalen upptäcker branden. Detektionstiden för personalen ansattes till 30 sekunder som enligt BRBAD är den lägsta varseblivningstiden om personer ser branden (Boverket, 2013). Det gjordes då rummet hade bra överskådlighet samtidigt som det antogs att rummet ständigt kommer vara bemannat under öppettider.

Simuleringen visade att kassadeln är utrymd cirka 50 sekunder efter att branden startat och att hela restaurangen är utrymd efter ungefär 85 sekunder. Det uppstod ingen köbildning vid utrymning och efter 120 sekunder passerade ingen längre framför serveringen mot A1.

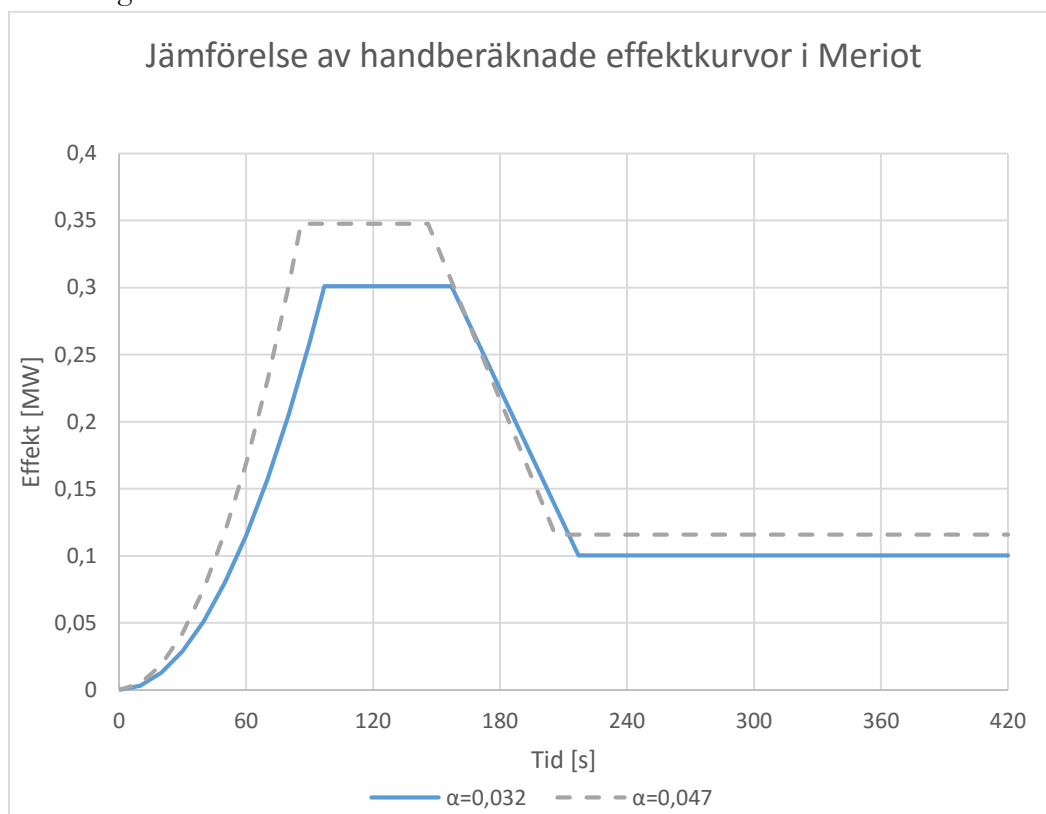
9.4 Känslighetsanalys

För att undersöka hur olika indataparametrar påverkar resultaten genomfördes en känslighetsanalys, i följande kapitel presenteras resultaten från denna.

9.4.1 Brandförlopp

För brandförloppet användes två värden på tillväxthastigheten, det dimensionerande värdet $0,032 \text{ kW/s}^2$ och standardvärdet ”Fast” $0,047 \text{ kW/s}^2$, för simulering 1 respektive 2.

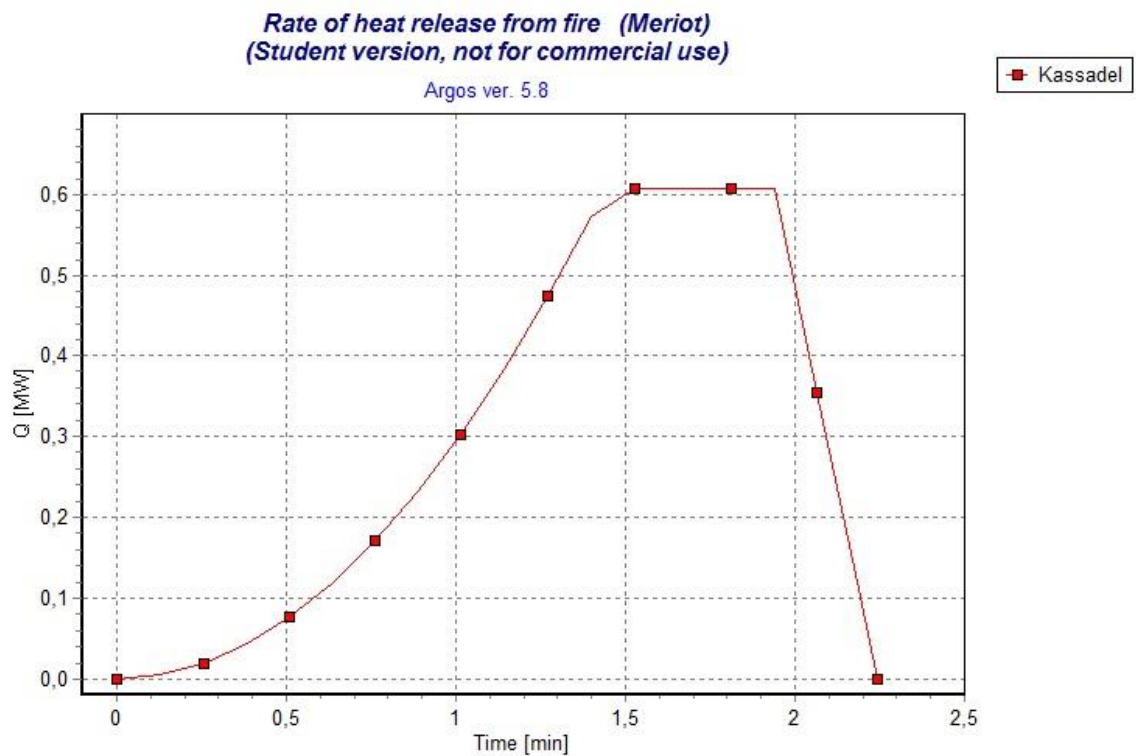
Figur 31 redovisar hur brandeffekten skiljer mellan de olika tillväxthastigheterna. Graferna är framtagna utifrån handberäkningar samt simulerad sprinkleraktiveringstid från Argos. Den högre tillväxthastigheten medförde cirka 50 kW högre maximal effektutveckling, och den nåddes ungefär 10 sekunder innan den dimensionerande branden nådde sin maximala effektutveckling.



Figur 31. Framtagna effektkurvor för två tillväxthastigheter. Heldragna kurvan redogör för den dimensionerande branden, och den streckade utgör det konservativa förloppet med tillväxthastigheten ”Fast”.

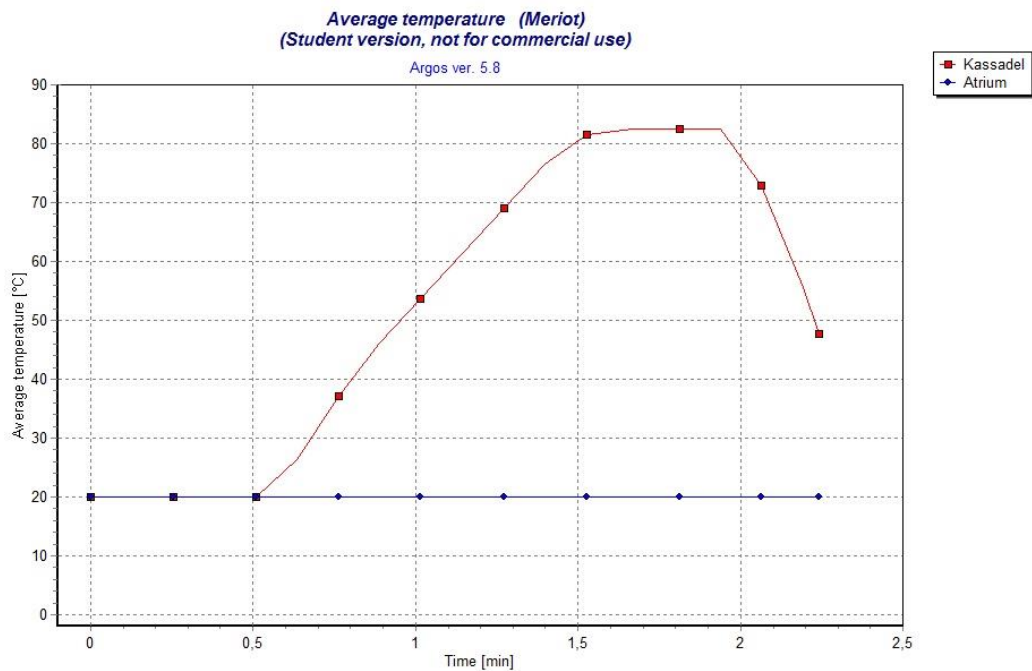
SCENARIO 1 – MERIOT RESTAURANG & CAFÉ

Effektkurvan för simulering i Argos med konservativ tillväxthastighet redovisas i Figur 32.



Figur 32. Simulerad effektkurva för Meriot med konservativ tillväxthastighet.

Figur 33 redovisar hur medeltemperaturen i kassadelen respektive atriet ändras under brandförloppet för scenariot med konservativ effektutveckling.



Figur 33. Ändring av medeltemperatur över tid i kassadel respektive atrium.

Tabell 7 jämför uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden vid kassan och i atriet vid de två tillväxthastigheterna.

Tabell 7. Resultat från simuleringar i Argos för Meriot och angränsande atrium. Tabellen visar högsta medeltemperatur, värmestrålning från brandgaslager, lägsta höjd till brandgaslaget samt tid till nämnvärda händelser.

Parameter/händelse	Simulering 1	Simulering 2
T_{medel} [°C]		
Kassa	77	83
Atrium	20	20
Höjd till brandgaslager [m]		
Kassa	2	2
Atrium	13	13
Q''_{max} [kW/m²]		
Kassa	0,88	0,98
Atrium	-	-
Händelse [min: sek]		
Sprinkleraktivering	01:37	01:26
Maximal Temperatur	01:54	01:39
Brand avtar	02:08	01:56
Brand slocknat	02:24	02:14

Vid simulering 2 nåddes högre temperatur och strålning vid kassadelen, men lägsta höjden till brandgaslaget var samma. Den högre tillväxthastigheten ändrade i stort sett inte förhållanden i atriet såg ut. I den andra simuleringen inträffade samtliga händelser 10-15 sekunder tidigare än i det dimensionerande förloppet.

9.4.2 Utrymning

Vid simulering av utrymning användes två olika persontätheter och två olika sätt att se på möjliga utrymningsvägar, resultat från dessa simuleringar redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. Känslighetsanalys i Pathfinder med två utrymningsmöjligheter och persontätheten från BBR 22 (Boverket, 2016).

Personer [st]	Utrymning	Meriot utrymd [s]	Köbildning
700	Alla	85	Ingen kö
	Gångstråk	85	Ingen kö
3698	Alla	130	59 s, serveringen mot A1
	Gångstråk	130	59, s, serveringen mot A1

Vilka vägar personerna kunde välja vid utrymning påverkade inte tiden tills restaurangen var utrymd, det som påverkade tiderna var antalet personer i Gallerian. Vid det högre personantalet bildades kö i restaurangens serveringsutrymme som leder till A1. I stort sett valde ingen den andra sidan av serveringen för att gå mot B eller C1, vilket ledde till att kön uppstod. Det utgicks från att personantalet i kassadelen förblev detsamma i alla simuleringar, endast antalet i köket och serveringsdelen ökades. Kassadelen var därmed utrymd efter 50 sekunder.

10 Scenario 2 – Gina Tricot

Brandscenariot i butiken Gina Tricot valdes ut för vidare undersökning på grund av den potentiella brandutvecklingen, placeringen precis under gångstråket på plan två samt närheten till en av Gallerians tre huvudutgångar. Se Figur 34 för butikens placering i Gallerian.



Figur 34. Gina Tricots placering på Gallerians första våningsplan (area tech, et al., 2012).

10.1 Förväntat brandförlopp

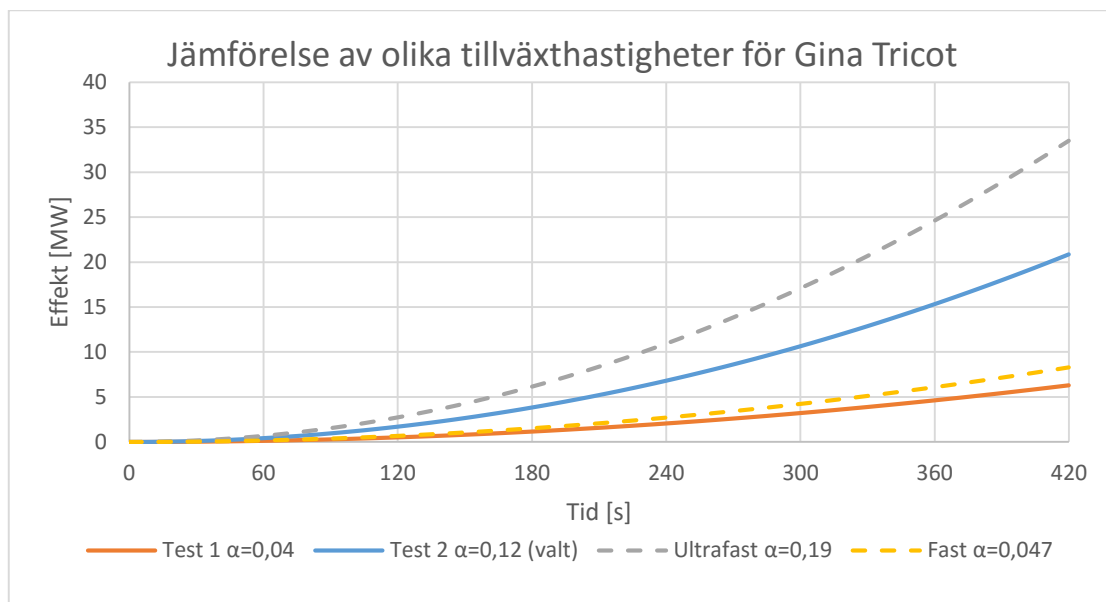
Utifrån den statistik som tidigare nämnts i rapporten, se kapitel 7.2, är uppkomst av brand i denna typ av verksamhet bland de mest troliga i Gallerian. Några sannolika brandsaker är gnistbildning från felande belysningsarmatur, kläder som placerats nära värmekällor alternativt en anlagd brand i någon av butikens klädställningar.

Om en brand uppstår enligt ovan antas brandgaserna sprida sig hastigt ut i gångstråket eftersom butikens innertak är beläget på samma nivå som utgången till Gallerians gångstråk. När brandgaserna väl kommit ut i gångstråket stiger de uppåt och riskerar att påverka våningen ovanför. Följderna av detta blir att utrymning via utgång B försvåras för personal och besökare som befinner sig på både plan ett och två. Butiken är dock utrustad med sprinkler vilket troligtvis kommer påverka brandförloppet, vid beräkningar och simuleringar tas detta i beaktning.

10.2 Handberäkningar

I följande kapitel redovisas det dimensionerande brandscenariot och resultat från handberäkningar, vilka har utförts enligt den beskrivna beräkningsmetodiken i kapitel 8.1.

Figur 35 redovisar de värden som jämförts vid val av tillväxthastigheten. ”Test 1-2” motsvarar värden för tillväxthastigheter gällande experiment på ”Clothing store” tagna från rapporterna *Design Fires for Commercial Premises Phase 1 - 2* (NRC-CNRC, 2005, 2007). ”Test 2” valdes som den dimensionerande tillväxthastigheten för brandförloppet då denna ansågs vara den mest troliga att passa in på scenariot utifrån tidigare nämnda experiment. ”Ultra fast” är ett standardvärde som används vid uppskattning av brandtillväxt i olika verksamheter (Karlsson & James, 2000), och i känslighetsanalysen undersöks det hur ett sådant förlopp hade sett ut jämfört med det dimensionerande. Tiden till detektion beräknas i Bilaga G.



Figur 35. Redovisning av olika tillväxthastigheter för brandscenario 2. ”Test 2” utgör vald tillväxtkurva.

Tabell 9 redovisar tid till detektion, samt de värden som tagits fram för att uppskatta hela brandförloppets effektkurva. Uppskattade värden för energiinnehåll i butiken och effektutveckling för bränslepaket är tagna från tidigare nämnda experiment. I experimentet antändes bränslepaket bestående av två klädställ med tätt hängande kläder av olika sorter, varpå en effektkurva togs fram (NRC-CNRC, 2007). Dimensionerande bränslepaket i Gina Tricot antogs vara två gånger större än det bränslepaket som nämnts i experimentet, vilket motsvarar en maximal effekt på cirka 5,5 MW om branden får utvecklas utan yttre påverkan. Handberäknad effektkurva med sprinklerpåverkan redovisas i kapitel 10.4.1.

Tabell 9. Resultat från handberäkningar för brand i Gina Tricot.

Parameter	Enhet	Värde
Beräknat α	[kW/s ²]	0,12
Energiinnehåll i butiken	[MJ]	157000
Maximal effektutveckling från två bränslepaket	[MW]	5,5
Beräknad detektionstid	[s]	61

Enligt beräkningar i Bilaga A och Bilaga B kommer inte övertändning ske och branden blir bränslekontrollerad då dess effekt inte uppnår kravet för ventilationskontrollerad brand.

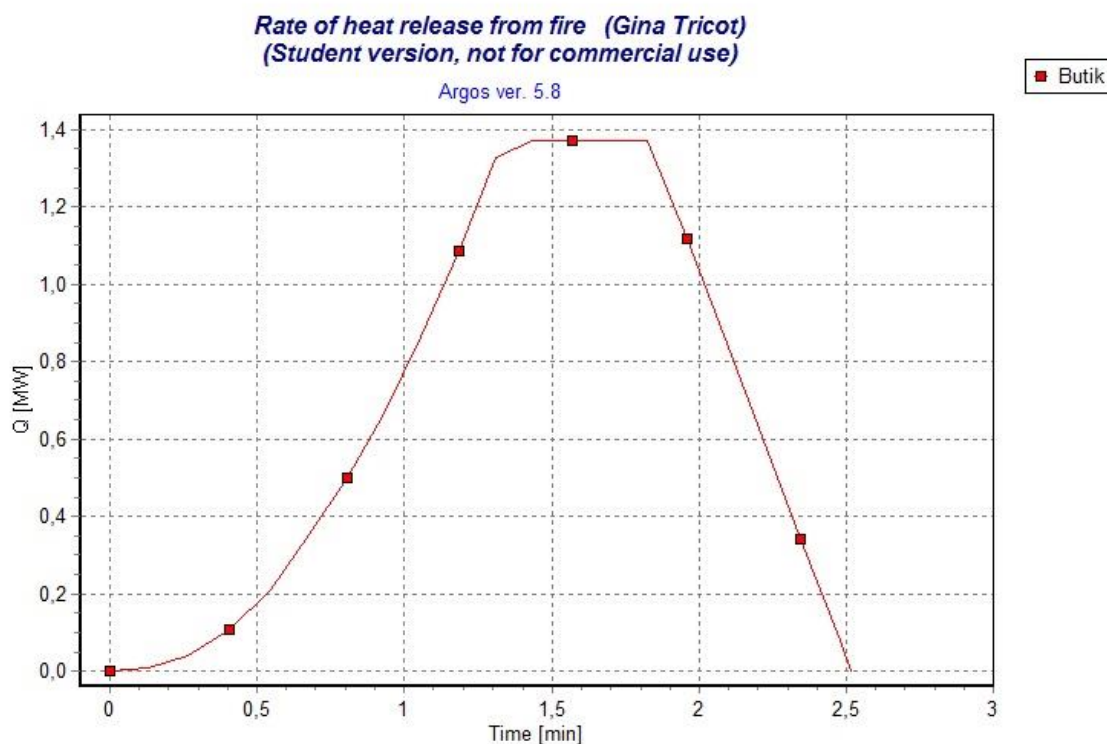
10.3 Simuleringar

Framtagen information av brandförloppets parametrar från kapitel 10.2 användes sedan för att simulera branden i Argos. Därefter undersöktes tid till detektion och brandens påverkan på brandrum och omgivning. Efter att brandförloppen beräknats och simulerats kunde simuleringar i Pathfinder utföras för att få fram hur lång tid det tar för besökarna och personalen att utrymma.

10.3.1 Argos

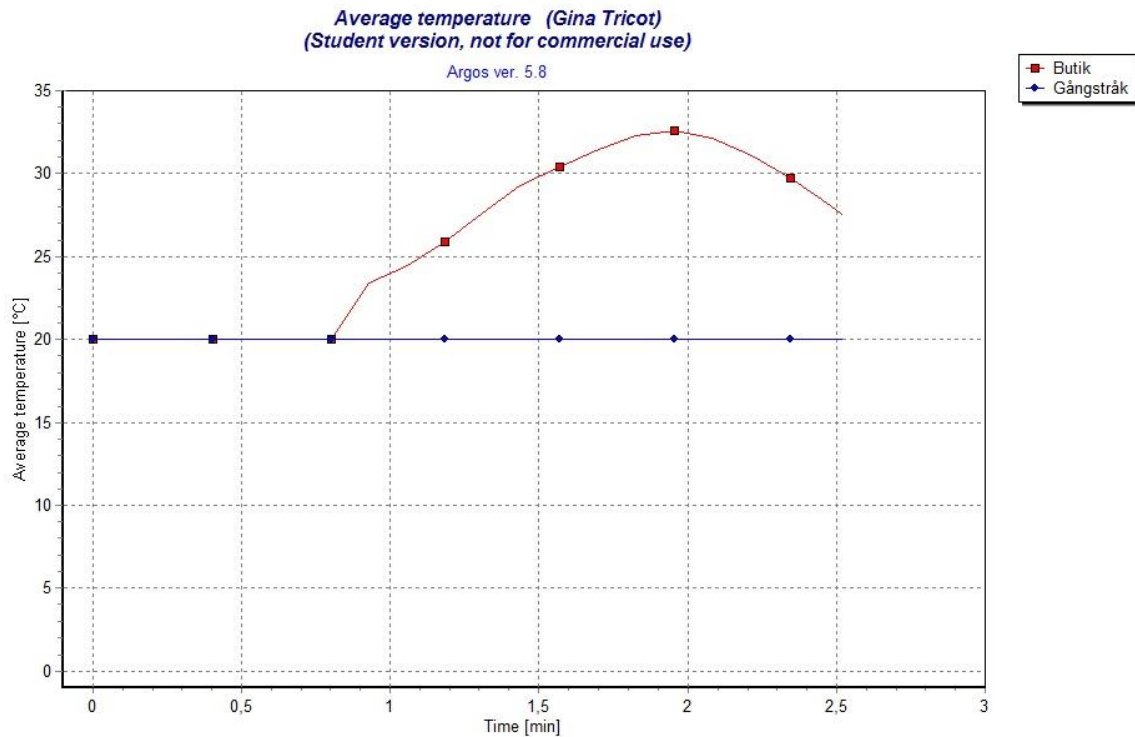
Följande graf och tabeller redovisar simuleringsresultat från Argos utifrån det dimensionerande brandförloppet med värden från handberäkningarna. Fullständig information om indata redovisas i Bilaga H.

Figur 36 nedan visar effektkurvan från det simulerade brandförloppet. Efter cirka en minut aktiverar rökdetectorn, därefter når branden upp till cirka 1,4 MW efter ungefär en och en halv minut, då den sedan begränsas av sprinkleraktiveringen. Effekten förblir konstant i cirka en halv minut, och under den tiden nås den maximala temperaturen i butiken på 33°C. Enligt simuleringen sloknade branden efter två och en halv minut in i förloppet, då sprinklern varit aktiverad i en minut.



Figur 36. Simulerad effektkurva för dimensionerad brand i Argos.

Figur 37 redovisar hur medeltemperaturen i butiken respektive gångstråket ändras under det dimensionerande brandförloppet.



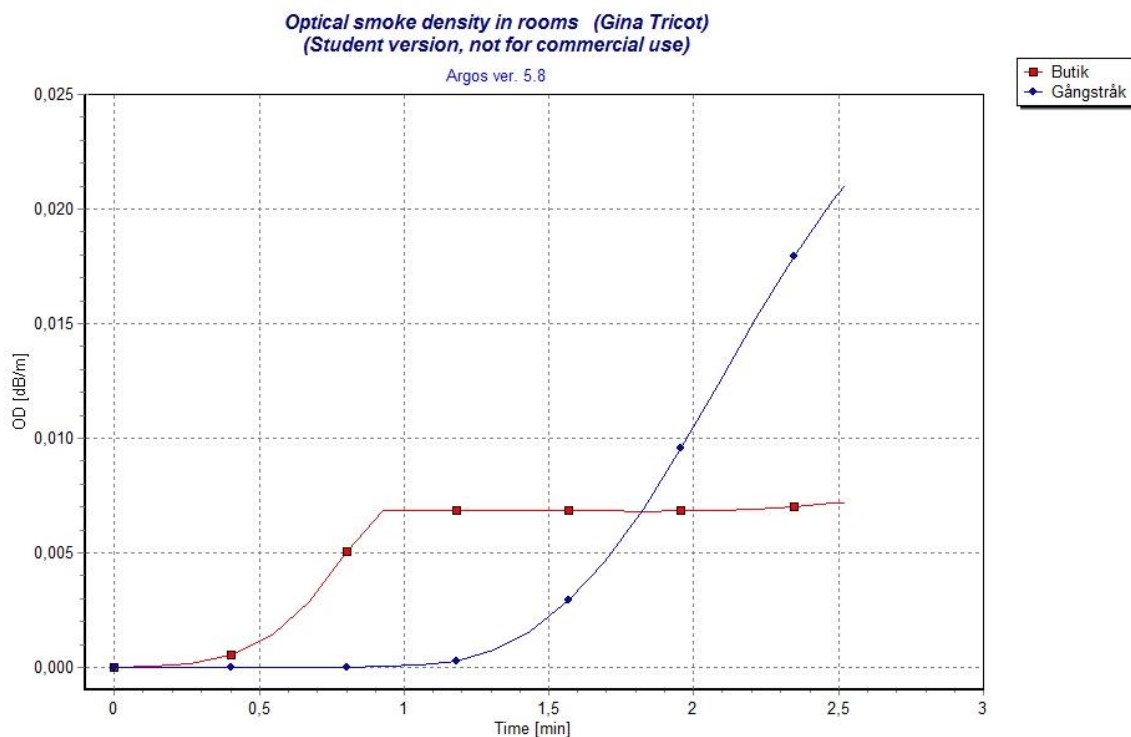
Figur 37. Ändring av medeltemperatur över tid för butik respektive gångstråk.

I Tabell 10 visas uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden vid butiken och intilliggande gångstråk, se Figur 21 för illustration över rummets uppdelningar.

Tabell 10. Resultat från simulering i Argos för Gina Tricot med angränsande gångstråk med maximal medeltemperatur och värmestrålning från brandgaslager samt lägsta höjd till brandgaslagret.

Parameter	Värde
T_{medel} [°C]	
Butik	33
Gångstråk	20
Höjd till brandgaslager [m]	
Butik	2,60
Gångstråk	10
\dot{Q}''_{max} [kW/m²]	
Butik	0,89
Gångstråk	-

Figur 38 redovisar hur den optiska densiteten ändrades med tiden för respektive rum i brandscenariot där 1dB/m motsvarar en sikt på cirka 10 meter (ARGOS, 2016). Värdena avser zonen under brandgaslagret, som enligt Tabell 10 blir som lägst 2,60 meter i butiken och 10 meter i gångstråket.



Figur 38. Ändring i optisk densitet med tiden i butik och gångstråk.

10.3.2 Pathfinder

Efter att brandförloppet definierats utifrån simuleringar i Argos och handberäkningar utfördes simuleringar i Pathfinder, med anpassade inställningar som så korrekt som möjligt skulle motsvara människors beteende för just detta brandscenario. Varseblivningstiden för de utrymmande sattes till den simulerande detektionstiden för rökdetektorn i Argos, 52 sekunder. I simuleringen befann sig 45 personer i butiken.

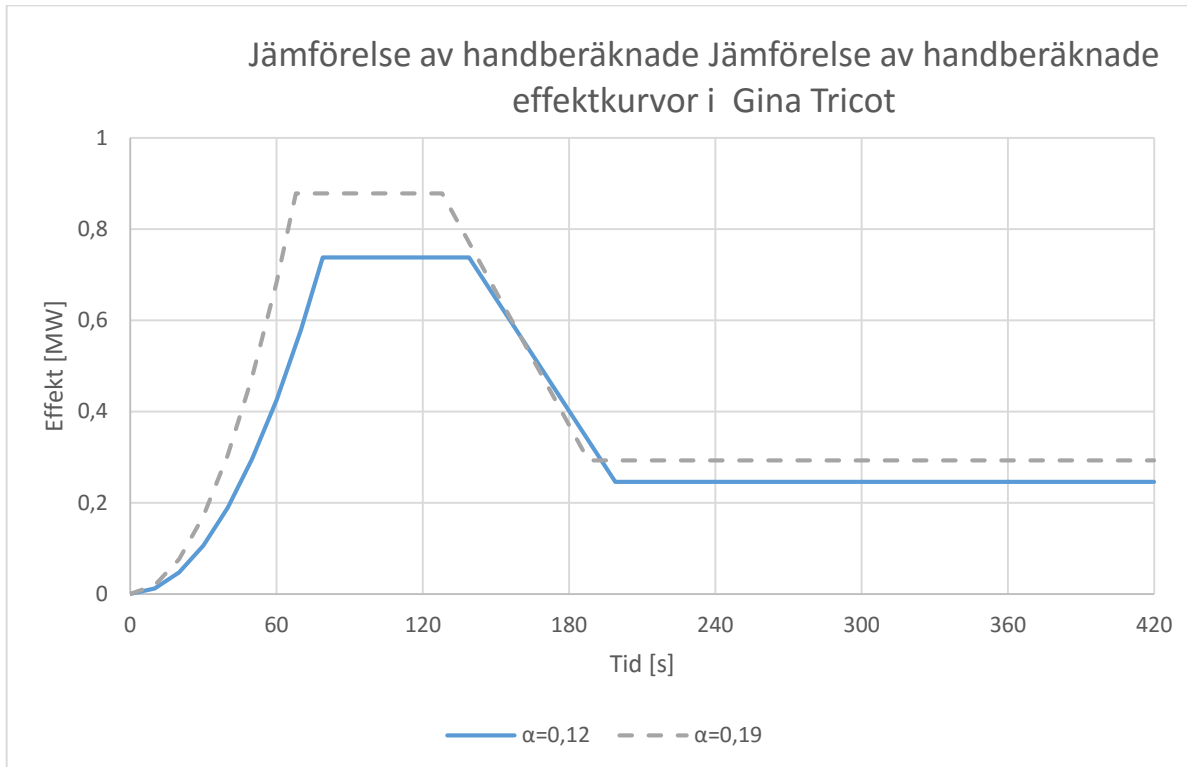
Butiken är utrymd cirka 130 sekunder efter att branden startat, och under nästkommande 30 sekunder passerar personer butikens huvudingång i gångstråket på första våningen. I simuleringen är det en person som tar butikens bakre utgång, cirka två tredjedelar tar utgången direkt till det fria och resterande tredjedel går ut via gångstråket. Strax innan den sista personen utrymt butiken har i stort sett alla personer utrymt andra våningen. Vid påstigningen till rulltrappan på plan två, direkt ovanför ingången till Gina Tricot, uppstår efter cirka 40 sekunder en köbildning som finns kvar i ytterligare 30 sekunder.

10.4 Känslighetsanalys

För att undersöka hur olika indataparametrar påverkar resultaten genomfördes en känslighetsanalys, i följande kapitel presenteras resultaten från denna.

10.4.1 Brandförlopp

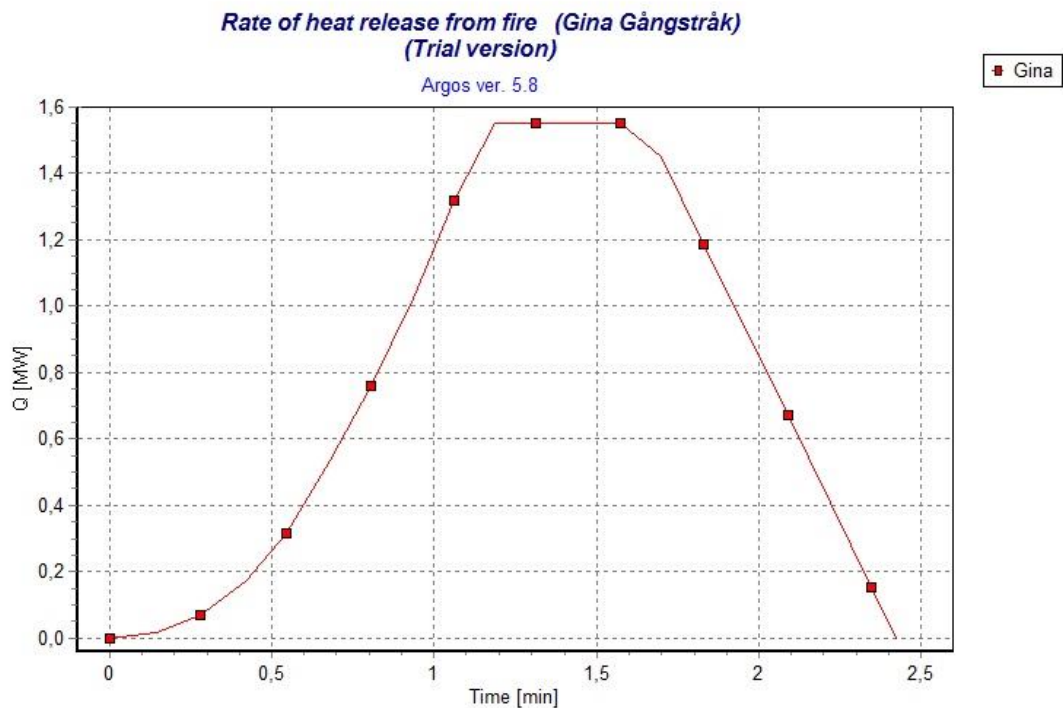
För brandförloppet användes två värden på tillväxthastigheten, det dimensionerande $0,12 \text{ kW/s}^2$ och standardvärdet ”Ultra fast” $0,19 \text{ kW/s}^2$, för simulering 1 respektive 2. Figur 39 redovisar hur brandens effektkurva skiljer mellan de olika tillväxthastigheterna. Diagrammet är framtaget utifrån handberäkningar samt simulerad sprinkleraktiveringstid från Argos.



Figur 39. Framtagna effektkurvor för två tillväxthastigheter. Helt dragna kurvan redogör för den dimensionerande branden, och den streckade utgör ett mer konservativt förlopp med tillväxthastighet ”Ultra fast”.

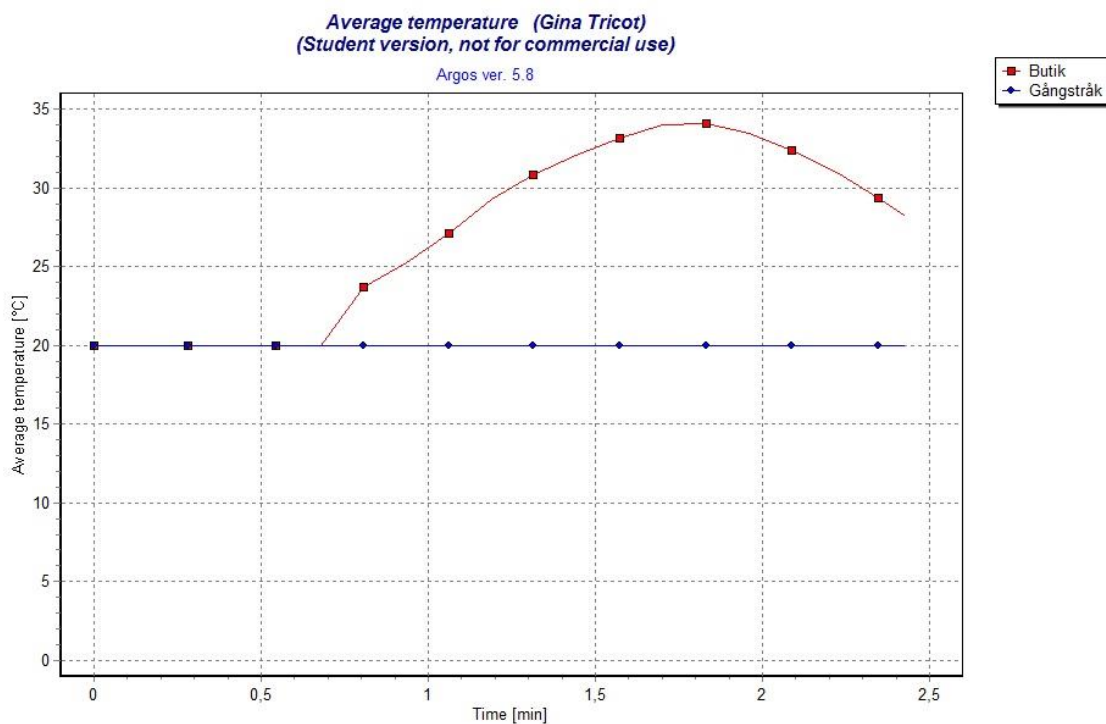
SCENARIO 2 – GINA TRICOT

Effektkurvan för simulering i Argos med konservativ tillväxthastighet redovisas i Figur 40.



Figur 40. Simulerad effektkurva för Gina Tricot med konservativ tillväxthastighet.

Figur 41 redovisar hur medeltemperaturen i butiken respektive gångstråket ändras under brandförloppet för scenariot med konservativ effektutveckling.



Figur 41. Ändring av medeltemperatur över tid i butik respektive gångstråk.

Tabell 11 jämför uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden vid kassan och i atriet vid de två tillväxthastigheterna.

Tabell 11. Resultat från simuleringar i Argos för Gina Tricot och angränsande atrium. Tabellen visar högsta medeltemperatur, värmestrålning från brandgaslager, lägsta höjd till brandgaslaget samt tid till nämnvärda händelser.

Parameter/händelse	Simulering 1	Simulering 2
T_{medel} [°C]		
Butik	33	34
Gångstråk	20	20
Höjd till brandgaslager [m]		
Butik	2,60	2,50
Gångstråk	10	10
Q''_{max} [kW/m²]		
Butik	0,79	0,85
Gångstråk	-	-
Händelse [min: sek]		
Rökdetektion	00:52	00:42
Sprinkleraktivering	01:19	01:08
Brand avtar	01:50	01:39
Brand slocknat	02:31	02:25

Parametrarna som undersöktes förändrades knappt mellan simuleringarna, varken i butiken eller i gångstråket. I simulering 2 inträffade samtliga händelser cirka 5-10 sekunder tidigare än i det dimensionerande förloppet.

10.4.2 Utrymning

Vid simulering av utrymning användes två olika persontätheter och två olika sätt att se på möjliga utrymningsvägar, resultat från dessa simuleringar redovisas i Tabell 12. Varseblivningstiden till simuleringarna sattes till tiden till detektion som togs från det dimensionerande förloppet, 52 sekunder.

Tabell 12. Simulerad tid till utrymning av Gina Tricot samt när och var köbildning sker, från och med när brand uppstått.

Personer [st]	Utrymning	Gina Tricot utrymd [s]	Köbildning
700	Alla	132	Ingen kö
	Gångstråk	132	97 s rulltrappa
3698	Alla	177	81 s butik, 82 s rulltrappa
	Gångstråk	1877	81 s butik, 82 s rulltrappa

När det simulerades utan de fiktiva linjerna uppstod inga köer och utrymningen av butiken tog lika lång tid i de två simuleringarna med det lägre personantalet.

För det högre personantalet var utrymningsförloppen snarlika för de två fördelningarna av utrymningsvägar. Butiken tömdes i båda fallen efter cirka tre minuter och det skedde även köbildning vid butikens utgång till det fria, till gångstråket utanför butiken samt vid rulltrappan på andra plan.

SCENARIO 2 – GINA TRICOT

Med alla utrymningsvägar tillgängliga varade köerna utanför butiken i en och en halv respektive två och en halv minut på plan 2 respektive 1. Med fokus på gångstråken varade köerna istället i tre och en halv respektive fyra och en halv minut.

Ytterligare skillnader låg i att det uppstod en kö vid butikens bakre ingång när alla utrymningsvägar var tillgängliga för det högre personantalet, samt att kön i gångstråket inte var lika lång. När fokus var på gångstråken sträckte sig kön på våning ett bortom Gina Tricots ingång och fram till torget som binder samman gångstråken, i det andra fallet slutade kön vid borte änden av huvudingången. På våning två var köerna i gångstråket något kortare, men istället blev det köbildning från själva butikerna in till gångstråket.

11 Scenario 3 – Teknikmagasinet

Teknikmagasinet valdes till dimensionerande brandscenario på grund av de produkter som kan förbrännas vid en potentiell brand samt sin placering nära nödutgång C2. Det förväntade brandförloppet i butiken kan tänkas representera förlopp i liknande verksamheter i Gallerian. På grund av butikens placering och möjliga påverkan på personsäkerheten vid utrymning valdes just den till att undersökas vidare. Se Figur 42 för butikens placering i Gallerian.



Figur 42. Teknikmagasinet placering på Gallerians andra våningsplan (area tech, et al., 2012).

11.1 Förväntat brandförlopp

Ett möjligt brandscenario för Teknikmagasinet är att brand startar i produkter som finns staplade mitt i butiken eller på någon hylla. Orsaker till antändning är enligt statistiken i kapitel 7.2 bland annat tekniskt fel, som att en lampa gör sönder eller att ett elfel i kablar uppstår, eller anlagd brand.

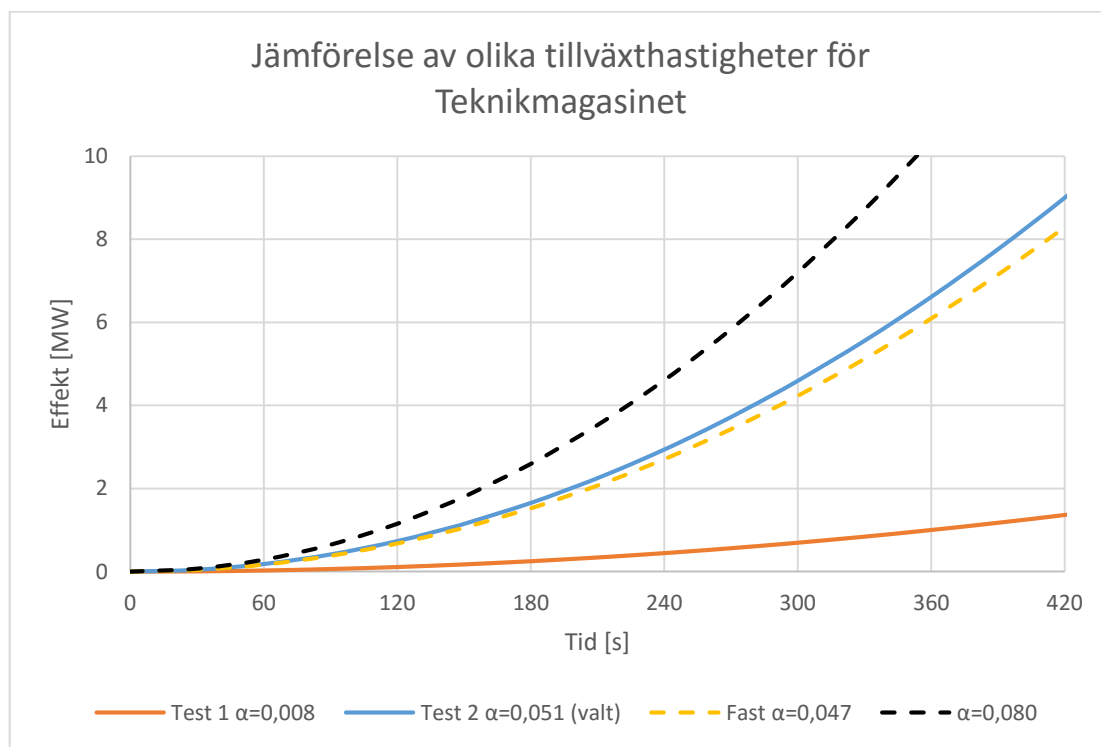
Gångstråket på plan två från B och A2 sammanstrålar utanför butiken och leder vidare till C2. Spridning av brandgaser till denna punkt kan göra det mindre sannolikt för personer att välja att utrymma genom brandgaserna och ut via C2 eller det närliggande trapphuset.

Butiken är dock utrustad med sprinkler vilket troligtvis kommer påverka brandförloppet, vid beräkningar och simuleringar tas detta i beaktning.

11.2 Handberäkningar

I följande kapitel presenteras resultat från handberäkningar, vilka har utförts enligt den beskrivna beräkningsgången i kapitel 8.1.

Figur 43 redovisar de tillväxthastigheter som jämförts vid val av tillväxthastighet. ”Test 1-2” motsvarar värden för tillväxthastigheten gällande experiment på ”Computer store” tagna från rapporten *Design Fire Experiments’ for Commercial Premises* (Zalok, et al., 2009). ”Fast” är ett standardvärde som används vid uppskattning av brandtillväxt i olika verksamheter (Karlsson & James, 2000). ”Test 2” valdes som den dimensionerande tillväxthastigheten för detta scenario då den bedömdes som mest trolig utifrån tidigare nämnda experiment. Den lägre effektutvecklingen från ”Test 1” kunde enligt rapporten bero på att alla produkter inte förbrändes i testet (Zalok, et al., 2009) . ” $\alpha=0,080$ ” motsvarar en konservativ uppskattning som undersöks vidare i känslighetsanalysen. Tiden till detektion beräknas i Bilaga G.



Figur 43. Jämförelse av olika tillväxthastigheter för brand i Teknikmagasinet.

Tabell 13 redovisar de värden som tagits fram för att bilda en uppfattning av brandförloppets effektkurva. Uppskattade värden för energiinnehåll i butiken och effektutveckling för bränslepaket är tagna från tidigare nämnda experiment. I experimentet antändes bränslepaket bestående av två uppsättningar stationära datorer på varsitt skrivbord med tillhörande skrivbordsstol, skrivare och diverse produkter av trä och plast, varpå en effektkurva togs fram (NRC-CNRC, 2007). Det dimensionerande bränslepaketet i Teknikmagasinet antogs utifrån bilder från besöket vara två gånger större än bränslepaketet i experimentet, vilket motsvarar en maximal effekt på cirka 5 MW om branden får utvecklas utan yttre påverkan. Handberäknad effektkurva med sprinklerpåverkan redovisas i kapitel 11.4.1.

Tabell 13. Resultat från handberäkningar för brand i Teknikmagasinet.

Parameter	Enhet	Värde
Beräknat α	[kW/s ²]	0,051
Energihåll i butiken	[MJ]	28000
Maximal effektutveckling från två bränslepaket	[MW]	5
Beräknad detektionstid	[s]	72

Enligt beräkningar i Bilaga A och Bilaga B kommer inte övertändning ske och branden blir bränslekontrollerad då dess effekt inte uppnår kravet för ventilationskontrollerad brand.

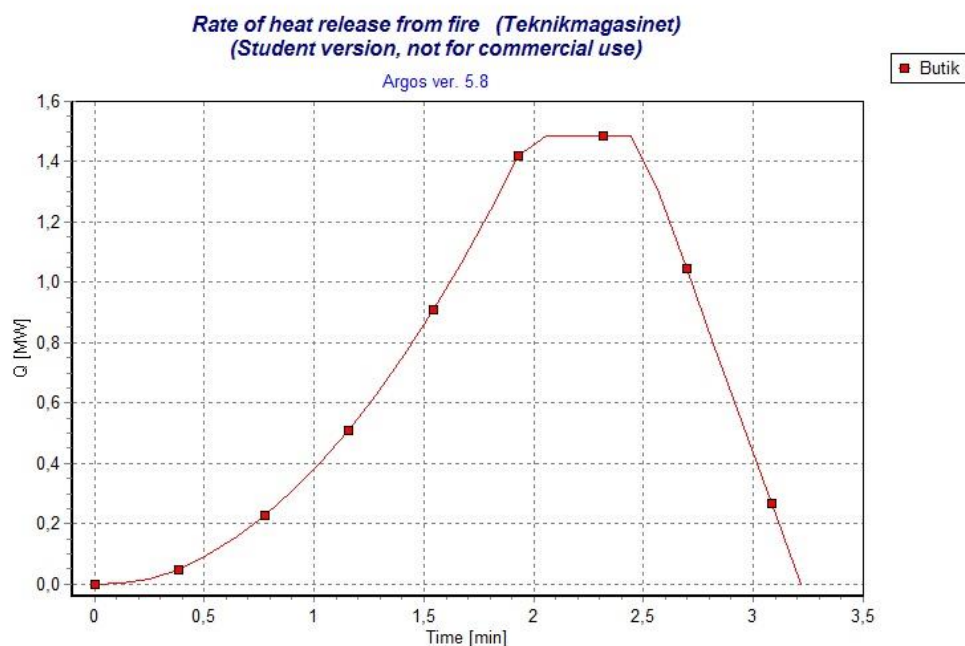
11.3 Simuleringar

Framtagen information av brandförloppets parametrar från kapitel 11.2 användes sedan för att simulera branden i Argos. Därefter undersöktes tid till detektion och brandens påverkan på brandrum och omgivning. Efter att brandförloppen beräknats och simulerats kunde simuleringar i Pathfinder utföras för att få fram hur lång tid det tar för besökarna och personalen att utrymma.

11.3.1 Argos

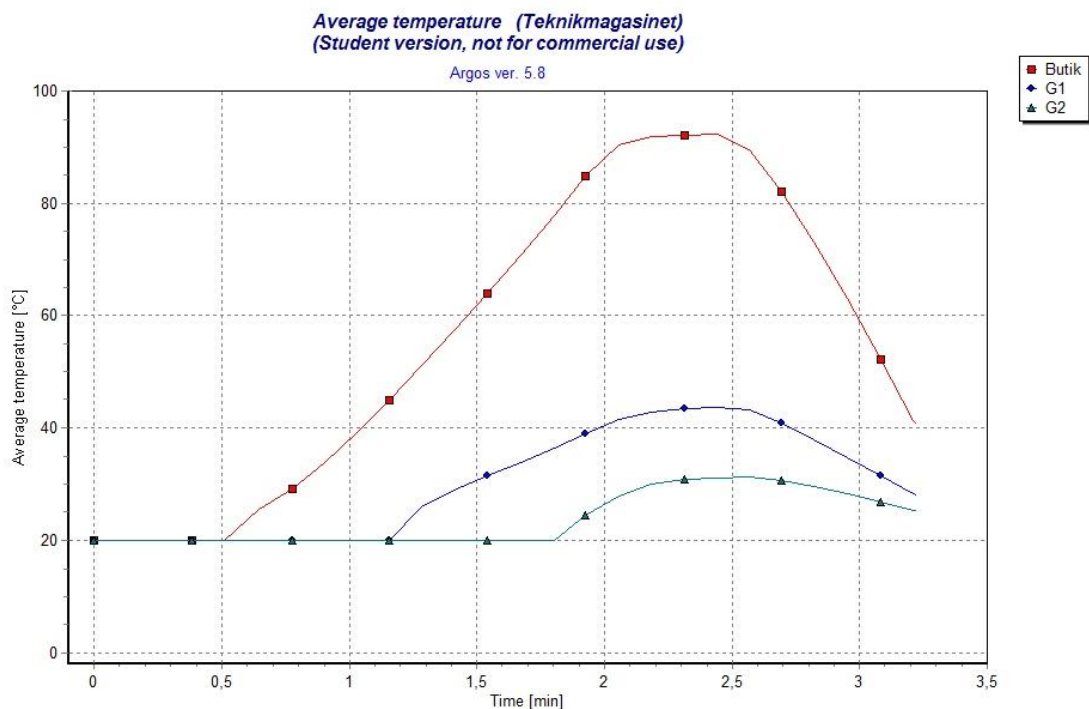
Följande graf och tabeller redovisar simuleringsresultat från Argos utifrån det dimensionerande brandförloppet med värden från handberäkningarna. Fullständig information om indata redovisas i Bilaga H.

Figur 44 nedan presenterar effektkurvan från det simulerade brandförloppet i Argos. Detektion sker efter cirka 40 sekunder, och efter två minuter sker aktivering av sprinkler. Efter en halv minut av påverkan från sprinkler börjar brandens effekt att avta, för att sedan slockna efter ytterligare en halv minut.



Figur 44. Effektkurva från Argos för brandförlopp i Teknikmagasinet.

Figur 45 redovisar hur medeltemperaturen i butiken respektive gångstråken ändras med tiden för det dimensionerande brandförloppet.



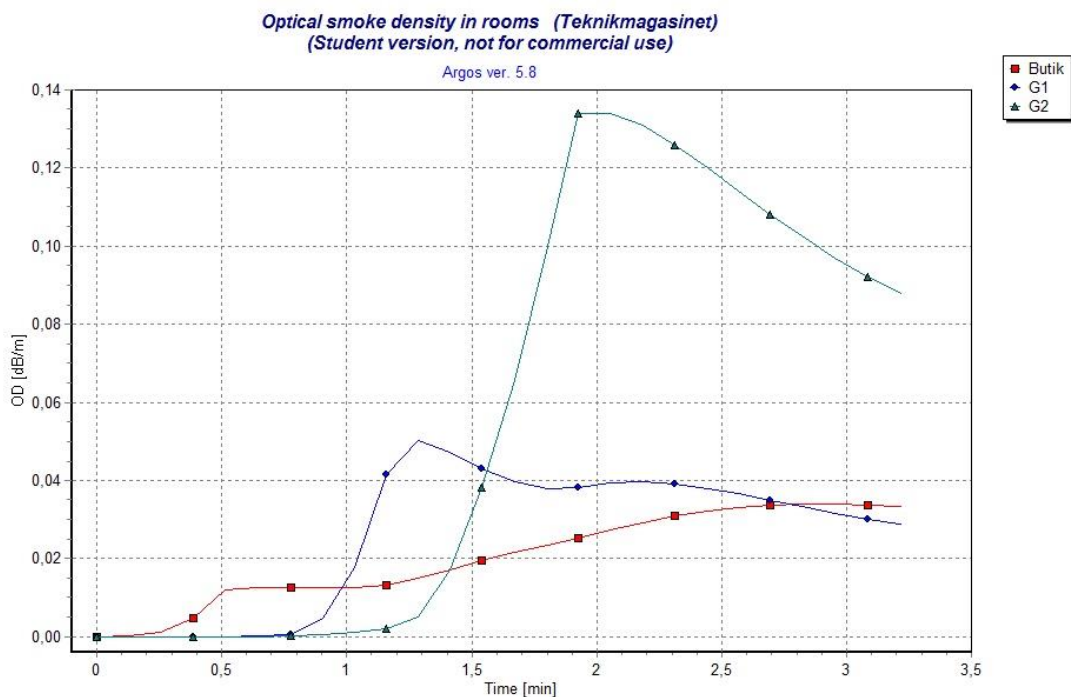
Figur 45. Ändring av medeltemperatur över tid i butik respektive gångstråk.

I Tabell 14 visas uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden vid butiken (B) och intilliggande gångstråk (G1 & G2), se Figur 22 för illustration över rummets uppdelningar.

Tabell 14. Resultat från simuleringar i Argos för Teknikmagasinet och angränsande gångstråk med maximal medeltemperatur och värmestrålning från brandgaslager samt lägsta höjd till brandgaslagret.

Parameter	Värde
T_{medel} [°C]	
Butik	95
Gångstråk 1	42
Gångstråk 2	30
Höjd till brandgaslager [m]	
Butik	1,75
Gångstråk 1	2,50
Gångstråk 2	2,50
\dot{Q}''_{max} [kW/m²]	
Butik	2,20
Gångstråk 1	0,30
Gångstråk 2	0,35

Figur 46 redovisar hur den optiska densiteten ändrades med tiden för respektive rum i brandscenariot där 1dB/m motsvarar en sikt på cirka 10 meter (ARGOS, 2016). Värdena avser zonen under brandgaslagret som i gångstråken lägst blir 2,50 meter och i butiken 1,75 meter.



Figur 46. Ändring i optisk densitet med tiden i butik och gångstråk.

11.3.2 Pathfinder

Efter att brandförloppet definierats utifrån simuleringar och handberäkningar utfördes simuleringar i Pathfinder, med anpassade inställningar som så korrekt som möjligt motsvarar människors beteende för just detta brandscenario. Varseblivningstiden för de utrymmande sattes till den framtagna detektionstiden för rökdetektorn från Argos, 37 sekunder. Butiken var då utrymd cirka 80 sekunder efter branden startat då det tog 40 sekunder innan butiken tömdes efter detektion. Fem sekunder innan butiken tömdes uppstod en kö vid utgången i gångstråket som leder till trapphuset, ingen kö uppstod däremot vid C2. Köandet till trapphuset fortskred i ungefär 40 sekunder innan personerna utrymt. Personer passerar i gångstråket utanför butiken tills det att kön till trapphuset försvinner.

11.4 Känslighetsanalys

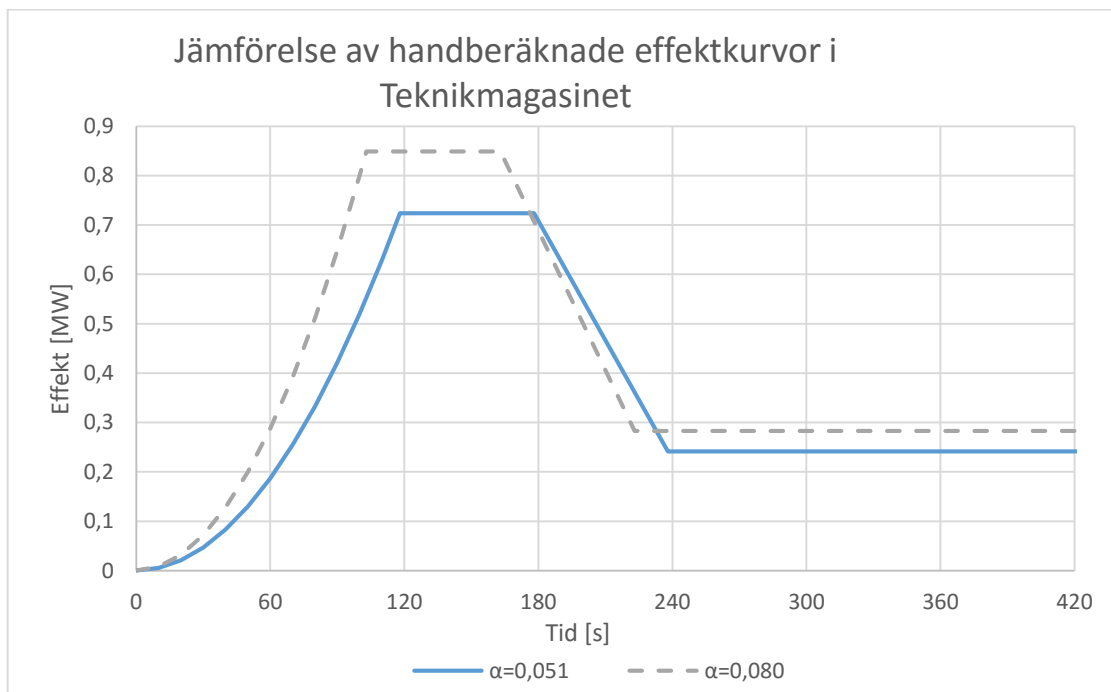
För att undersöka hur olika indataparametrar påverkar resultaten genomfördes en känslighetsanalys, i följande kapitel presenteras resultaten från denna.

11.4.1 Brandförlopp

För brandförloppet användes två värden för tillväxthastigheten α , det dimensionerande värdet 0,051 kW/s² och ett 50 % mer konservativt värde på 0,080 kW/s² för simulering 1 respektive 2.

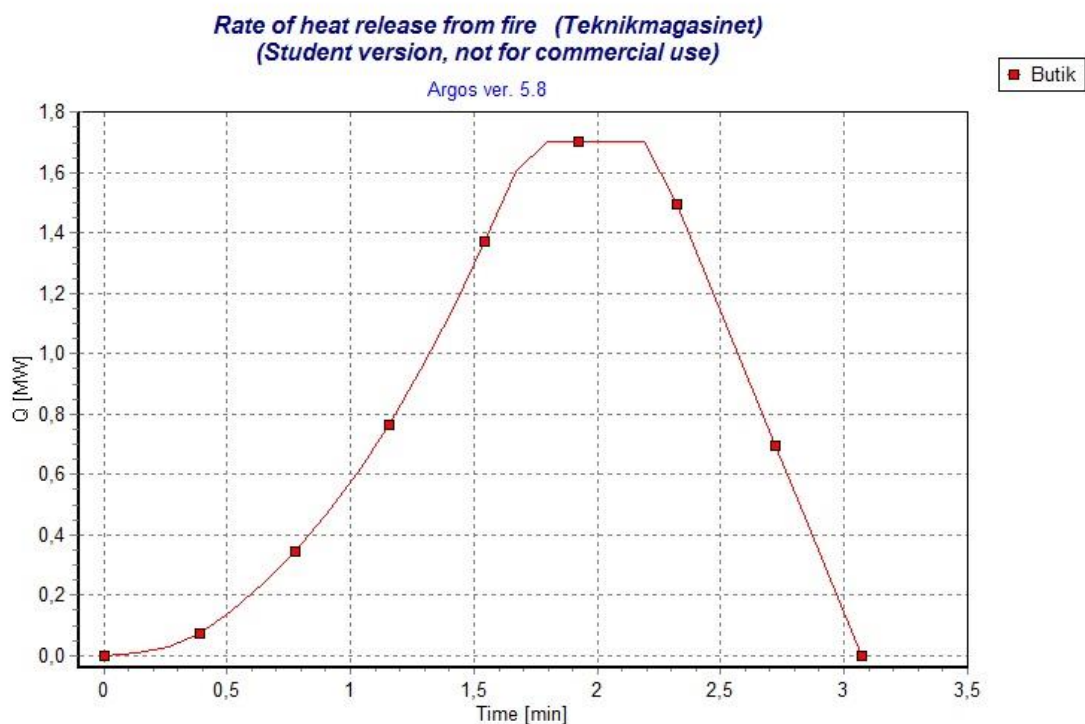
SCENARIO 3 – TEKNIKMAGASINET

Figur 47 redovisar hur effektutvecklingen för de två olika tillväxthastigheterna skiljde sig. Diagrammet är framtaget utifrån handberäkningar samt simulerad sprinkleraktiveringstid från Argos. Den maximala effektutvecklingen ökade med strax över 100 kW när tillväxthastigheten ökade från 0,051 till 0,080 kW/s², och den nåddes cirka 15 sekunder snabbare än i det dimensionerande förloppet.



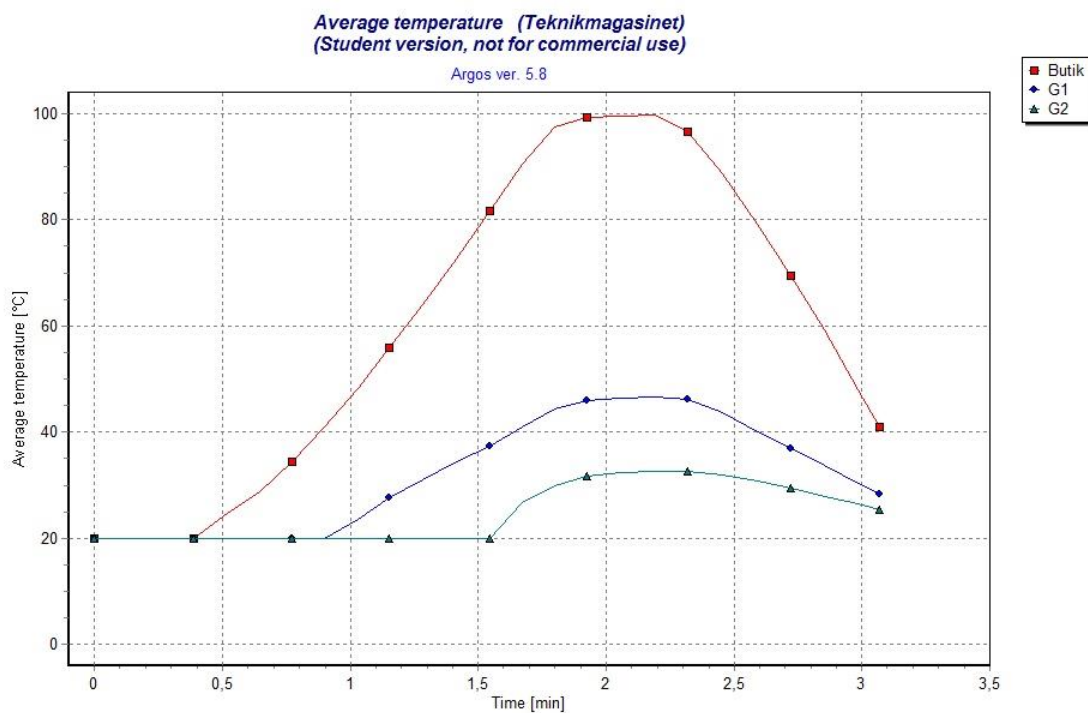
Figur 47. Framtagna effektkurvor för två tillväxthastigheter. Helt dragna kurvan redogör för den dimensionerande branden, och den streckade utgör ett mer konservativt förlopp med en 50 % större tillvätkonstant.

Effektkurvan för simulering i Argos med konservativ tillväxthastighet redovisas i Figur 48.



Figur 48. Simulerad effektkurva för Teknikmagasinet med konservativ tillväxthastighet.

Figur 49 redovisar hur medeltemperaturen i butiken respektive gångstråket ändras under brandförloppet för scenariot med konservativ effektutveckling.



Figur 49. Ändring av medeltemperatur över tid i butik respektive gångstråk.

Tabell 15 jämför uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden mellan de olika tillväxthastigheterna..

Tabell 15. Resultat från simuleringar i Argos för Teknikmagasinet och angränsande gångstråken. Tabellen visar högsta medeltemperatur, värmestrålning från brandgaslager, lägsta höjd till brandgaslagret samt tid till nämnvärda händelser.

Parameter/händelse	Simulering 1	Simulering 2
T_{medel} [°C]		
Butik	90	100
Gångstråk 1	42	47
Gångstråk 2	30	31
Höjd till brandgaslager [m]		
Butik	1,75	1,70
Gångstråk 1	2,50	2,50
Gångstråk 2	2,50	2,50
Q''_{max} [kW/m²]		
Butik	2,20	2,50
Gångstråk 1	0,30	0,30
Gångstråk 2	0,35	0,40
Händelse [min: sek]		
Rökdetektion	00:37	00:31
Sprinkleraktivering	01:58	01:43
Brand avtar	02:29	02:14
Brand slocknat	03:13	03:04

Temperaturen i de tre rummen var högre i simulering 2 än 1. Höjden till brandgaslagret i gångstråken förändrades inte mellan simuleringarna, medan höjden till brandgaslagret i butiken var lägre i den andra simuleringen. Strålningen från brandgaslagret i butiken ökade i den andra simuleringen och var i stort sett samma i gångstråken. Händelserna inträffade cirka 5-15 sekunder tidigare i den andra simuleringen

11.4.2 Utrymning

Vid simulering av utrymning användes två olika persontätheter och två olika sätt att se på möjliga utrymningsvägar, resultat från dessa simuleringar redovisas i Tabell 16. Varseblivningstiden sattes till detektionstiden för det dimensionerande förloppet, 37 sekunder.

Tabell 16. Tider tills Teknikmagasinet töms på personer från tiden då larmet startar samt när och var köbildning sker.

Personer [st]	Utrymning	Teknikmagasinet utrymd [s]	Köbildning
700	Alla	77	81s, trapphus
	Gångstråk	77	72 s, trapphus
3698	Alla	97	66 s, trapphus
	Gångstråk	102	52 s, trapphus

Då alla utrymningsvägar var tillgängliga med det lägre personantalet tog det cirka 10 sekunder längre innan kön vid trapphuset uppstod, och kön tog även slut ungefär 10 sekunder tidigare. Den sista personen passerade utanför butikens ingång efter 60 sekunder. När personantalet höjdes ökade tiden tills butiken var utrymd och köbildningen till trapphuset i gångstråket uppstod cirka 15-20 sekunder tidigare. Med alla utgångar tillgängliga varade kön i cirka två och en halv minut, och fyra minuter då det fokuserades på gångstråken. Den sista personen som passerade utanför butikens ingång gjorde det efter 117 respektive 204 sekunder för utrymning via alla utgångar respektive när det fokuserades på gångstråken.

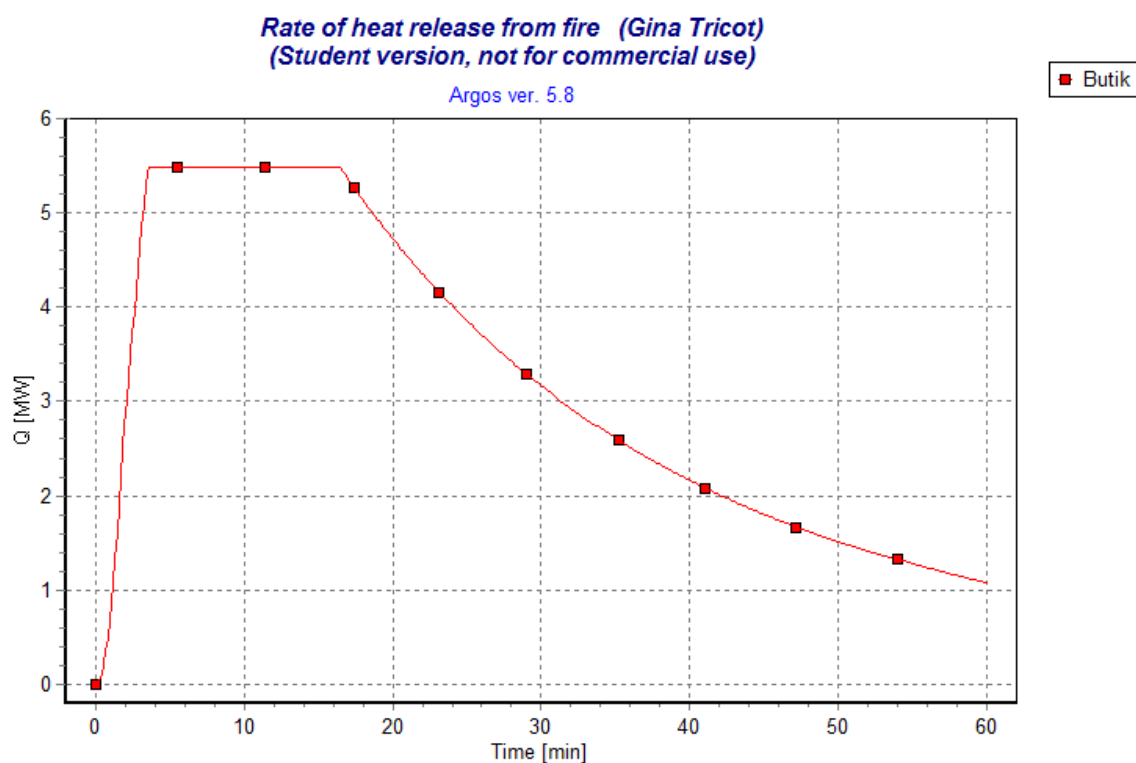
12 Känslighetsanalys: Gina Tricot utan sprinkler

För att studera behovet av sprinkler valdes ett av de dimensionerande brandscenerierna till ytterligare simulering i Argos utan påverkan från sprinklers. Då Gina Tricot utgjorde det brandscenario med snabbast tillväxthastighet och med störst energiinnehåll valdes detta till vidare simulering utan sprinkler.

12.1 Resultat av simulering

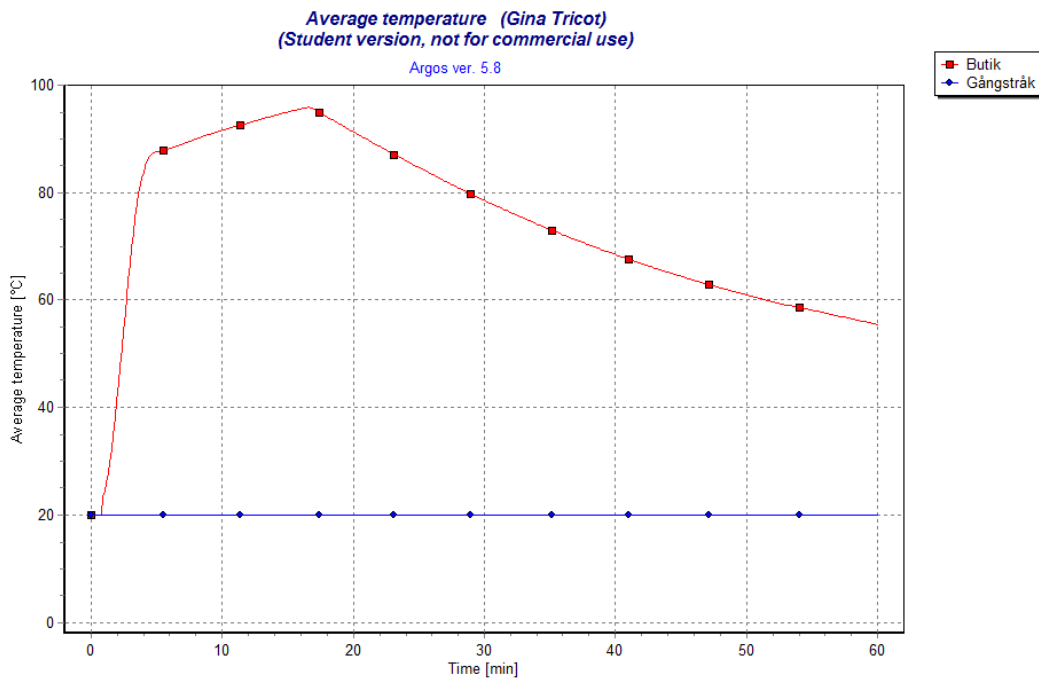
Nedanför presenteras det simulerande brandförloppet och dess påverkan på omgivning i figurer och tabeller.

Figur 50 presenterar effektkurvan från det simulerade brandförloppet utan sprinkler. Simuleringen utfördes med samma indata som Gina Tricots dimensionerande brandscenario, vilket är anledningen till att detektionstiden för rökdetektorn är den samma, 52 sekunder. Branden når sin maximala effekt på 5,4 MW efter cirka fyra minuter och håller därefter konstant effekt i cirka 13 minuter. Efter knappt fyra minuter är strålningen från brandgaslagret inne i butiken över 2,5 kW/m² och temperaturen har då nått upp till 80 °C.



Figur 50. Dimensionerat brandförlopp för Gina Tricot utan sprinkler.

Figur 51 redovisar hur medeltemperaturen i butiken respektive gångstråken ändras med tiden.



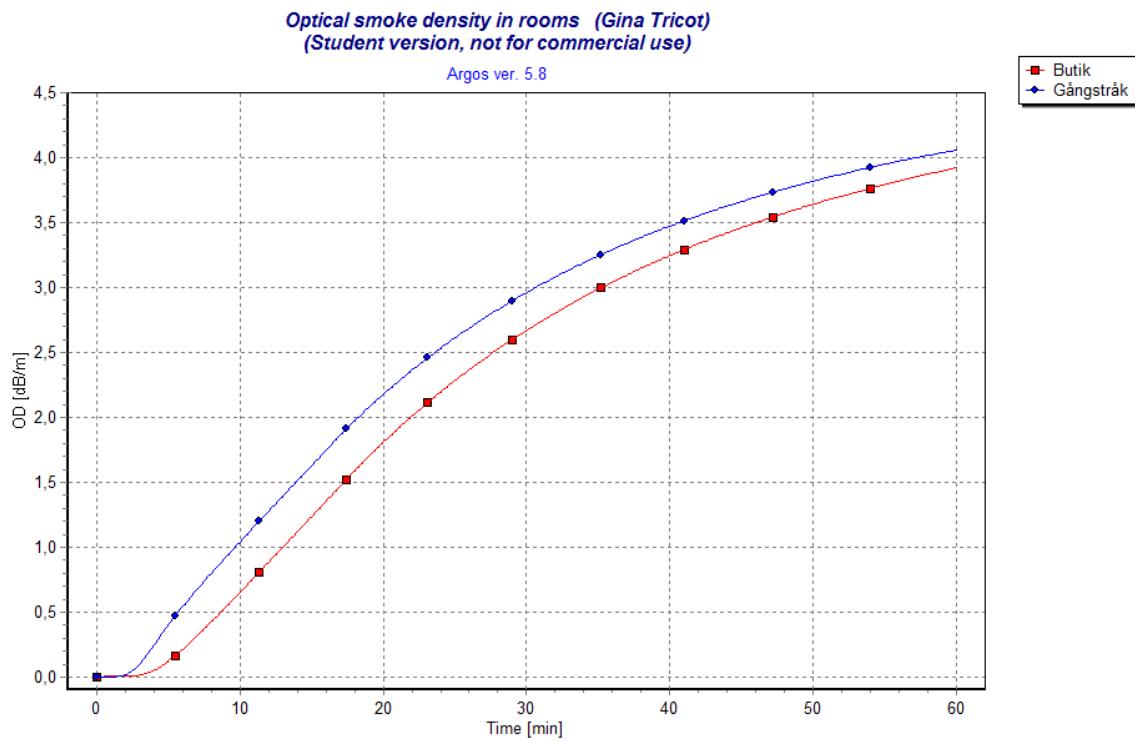
Figur 51. Ändring av medeltemperatur över tid i butik respektive gångstråk.

I Tabell 17 visas uppnådda värden för parametrar som utgör grundlag för bedömning av kritiska förhållanden vid butik och intilliggande gångstråk.

Tabell 17. Resultat från simuleringar i Argos för Gina Tricot och angränsande gångstråk med maximala temperaturer, värmestrålning från brandgaslager samt lägsta höjd till brandgaslagret.

Parameter	Värde
T_{medel} [°C]	
Butik	95
Gångstråk	20
Höjd till brandgaslager [m]	
Butik	2,20
Gångstråk	10
\dot{Q}''_{max} [kW/m²]	
Butik	3,5
Gångstråk	-

Figur 52 redovisar hur den optiska densiteten i butiken ökar med tiden. När 13 minuter gått uppgår den optiska densiteten i butiken till över 1 dB/m, vilket motsvarar en sikt på cirka 10 meter (ARGOS, 2016). Värdena avser zonen under brandgaslagret, som enligt Tabell 17 blir som lägst 2,20 meter i butiken och 10 meter i gångstråket.



Figur 52. Den Optiska densitetens variation under brandförloppets gång i butik och gångstråk.

13 Sammanställning enkätundersökning

Som tidigare nämnt genomfördes en enkätundersökning vid platsbesöket. I detta kapitel presenteras resultaten från denna.

Enkätundersökningen gav 15 enkätsvar från nio olika verksamheter. I Tabell 18 nedan redovisas en sammanställning av svaren. Alla frågor från enkäten finns inte med i sammanställningen då det var för få inkomna svar på vissa av frågorna.

Tabell 18. Resultatsammanställning av enkätundersökning.

Fråga	Ja		Nej		Inget svar	
	[st]	[%]	[st]	[%]	[st]	[%]
<i>Har ni rutiner som ska följas vid brand?</i>	13	86,6	1	6,7	1	6,7
<i>Genomgår ni någon typ av brandskyddsutbildning?</i>	8	53,3	7	46,7	-	-
<i>Känner ni till SBA?</i>	6	40	9	60	-	-
<i>Har det skett några tillbud?</i>	4	26,7	11	73,3	-	-
<i>Genomförs tester och övningar?</i>	9	60	-	-	6	40
<i>Händer det att utrymningsvägar blockeras?</i>	3	20	6	40	6	40

På frågan om kännedom om SBA framgick det att 6 stycken kände till SBA och 9 stycken saknade kännedom om SBA. En klar majoritet, 13 av 15 tillfrågade svarade att det finns rutiner som ska följas vid brand, 8 av 15 uppgav att de hade genomgått en brandskyddsutbildning och 9 av 15 svarade att det genomförs tester och övningar. På en skala 1 – 5 om hur personalen upplevde verksamhetens brandsäkerhet blev medelvärdet 3,9.

14 Analys och åtgärder

Nedan analyseras resultat från handberäkningar och simuleringar för respektive brandscenario. Därefter analyseras Gallerians SBA och observerade avvikelser, varpå rekommenderade åtgärder presenteras. Åtgärderna som tas upp kommer sedan verifieras i kapitel 15.

14.1 Scenario 1: Meriot Restaurang & Café

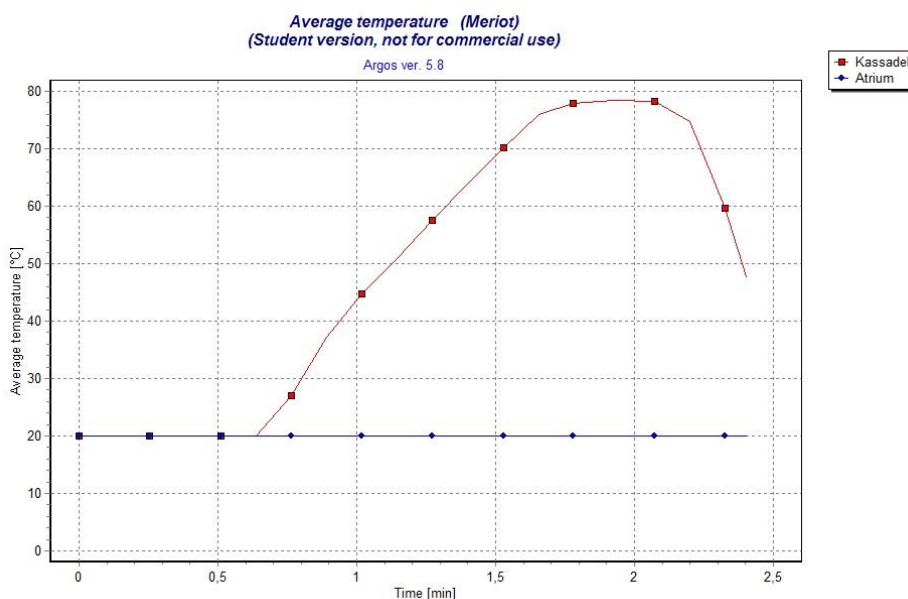
I detta kapitel jämförs i Tabell 19 resultat från kapitel 9 med nivåerna för kritiska förhållanden i Tabell 3.

Tabell 19. Jämförelser mellan värden från simulerat dimensionerande brandscenario och kritiska nivåer för Meriot.

Parameter	Enhet	Meriot	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i kassadelen	[°C]	77	80
Optisk densitet	[dB/m]	0,073	2,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	0,88	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	2,0	1,9

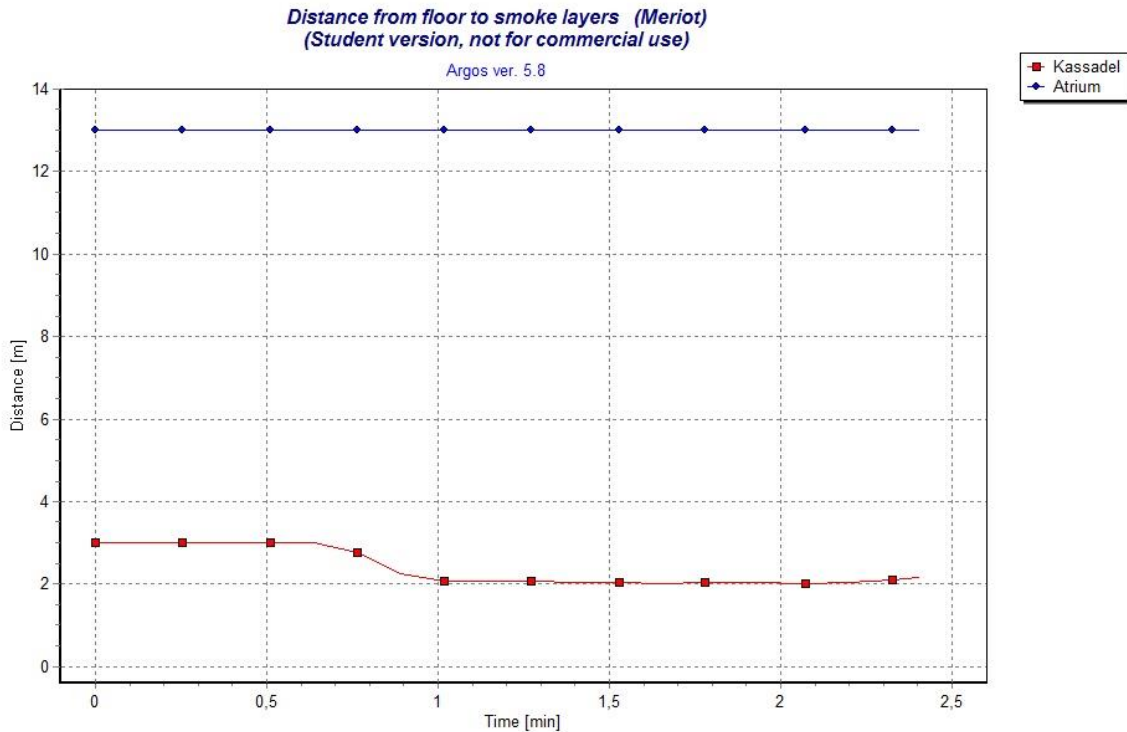
Det finns inga resultat i simuleringarna för det dimensionerande brandscenariot som tydligt visar att personer under utrymning av Gallerian blir utsatta för kritiska förhållanden vid brand i Meriot. Det finns risk för höga temperaturer då den maximala medeltemperaturen endast skiljer 3°C från den kritiska nivån. Därför studeras tiden då denna temperatur uppnås i Figur 53 för att undersöka om personer befinner sig i verksamheten när det inträffar.

Figur 53 visar hur medeltemperaturen ändras med tiden i kassadelen och atriet. Vid 50 sekunder då alla lyckats ta sig ut ur kassadelen enligt Pathfinder, ligger denna på cirka 35°C. Den maximala medeltemperaturen nås efter cirka 1 minut och 40 sekunder, vilket är 50 sekunder efter att alla i restaurangens kassadel är utrymda.



Figur 53. Ändring i medeltemperatur med tiden i kassadel och atrium för simulering med dimensionerande brandscenario.

Figur 54 redovisar hur avståndet från brandgaslagret till golvet ändras med tiden. Efter cirka en minut når brandgaslagret två meter över golvet där det stabiliseras. Innan den höjden nås är alla i restaurangens kassadel redan utrymda. Brandgaslagrets höjd anses inte påverka utrymningsförloppet på grund av den korta transportsträckan.



Figur 54. Ändring av höjd till brandgaslager med tiden i kassadel och atrium.

Känslighetsanalys

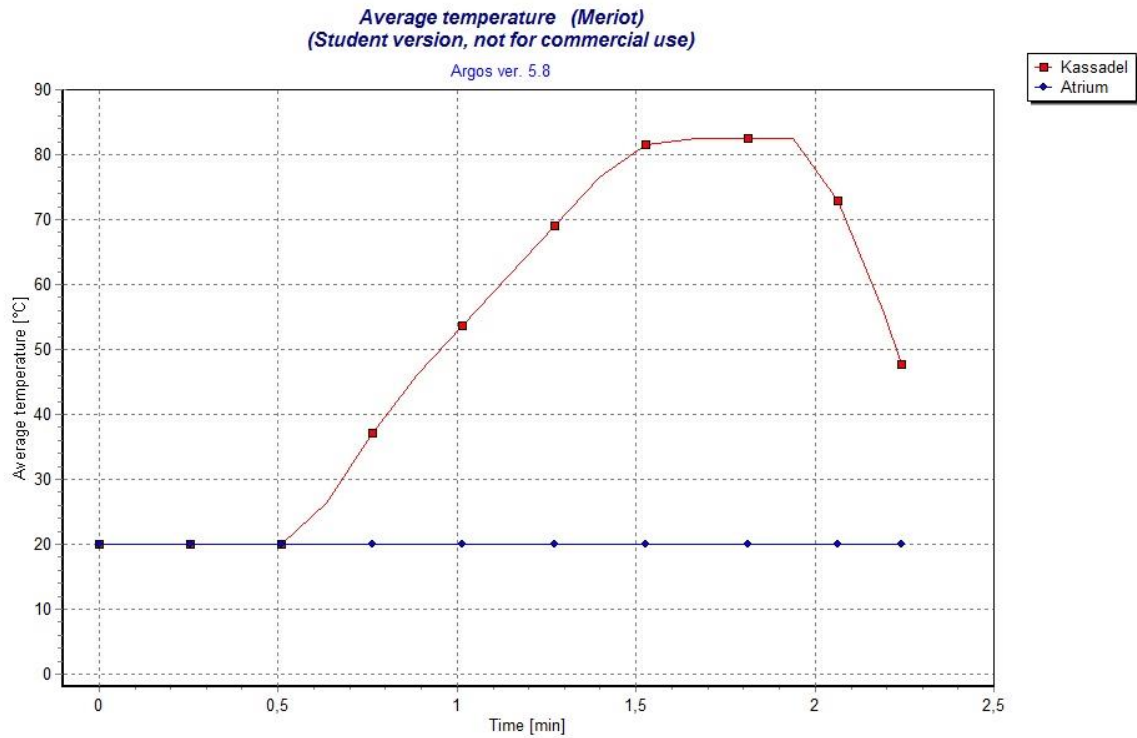
Resultat från simulering med en tillväxthastighet på $0,047 \text{ kW/s}^2$ sammanställs i Tabell 20 nedan.

Tabell 20. Jämförelser mellan konservativt simulerat brandscenario med tillväxthastighet på $0,047 \text{ kW/s}^2$ och kritiska nivåer.

Parameter	Enhet	Meriot	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i kassadeln	[°C]	83	80
Optisk densitet	[dB/m]	0,06	2,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	0,98	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	2,0	1,9

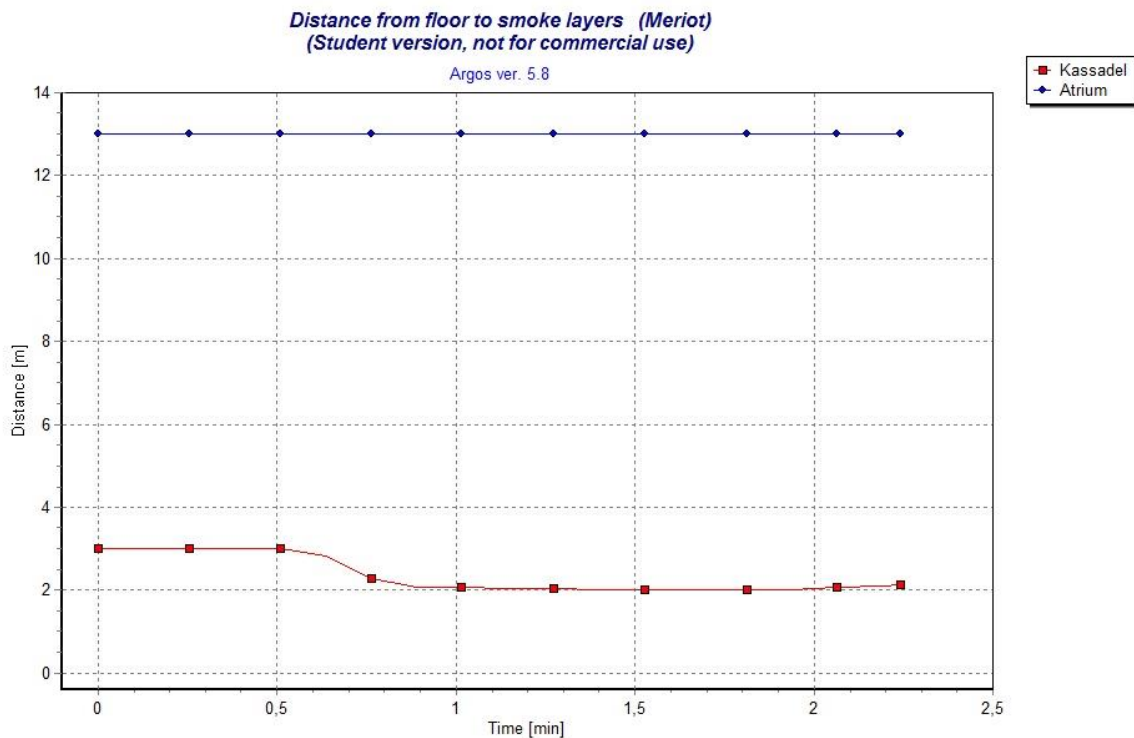
ANALYS OCH ÅTGÄRDER

I Figur 55 redovisas ändringen av kassadelens och atriets medeltemperatur med tiden. Det framgår att temperaturen överstiger den kritiska nivån, dock enbart med 3°C. Vid den tidpunkt då personerna antas vara ute ur kassadeln ligger medeltemperaturen runt 45 °C. Även i denna sammanställning dras slutsatsen att inga personer i Gallerian blir utsatta för kritiska förhållanden vid en brand i Meriot.



Figur 55. Ändring i medeltemperatur med tiden i kassadel och atrium för simulering med konservativ tillväxtbastighet.

Figur 56 redovisar hur avståndet från brandgaslagret till golvet ändras med tiden. Efter cirka 50 sekunder når brandgaslagret två meter över golvet där det stabiliseras. Detta sker vid ungefär samma tidpunkt som kassadelen är utrymd.



Figur 56. Ändring av höjd till brandgaslager med tiden i kassadel och atrium.

Åtgärdsförslag

Enligt de mest konservativa simuleringarna finns risk att de som utrymmer från kassadelen utsätts för dåliga siktförhållanden i några sekunder. Med tanke på de konservativa antagandena som gjorts, samt den korta sträcka personerna behöver ta sig för att utrymma anses en brand i Meriot inte medföra skadliga förhållanden för personalen eller besökarna. De anställda och butiksansvarig bör dock se till att undvika placering av brännbara material i närheten av heta ytor som till exempel ugnar och fritöser.

Trots att simuleringarna visar på att personal och besökare binner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, samt att branden begränsas i tidigt skede på grund av sprinkler går det inte att säkerhetsställa att ingen kommer till skada vid eventuell brand. På grund av begränsningarna i Argos har rökspridning till våning 2 inte kunnat studeras och programmets hantering av höga byggnader har sina begränsningar.

14.2 Scenario 2: Gina Tricot

I detta kapitel jämförs i Tabell 21 resultat från kapitel 10 med nivåerna för kritiska förhållanden i Tabell 3.

Tabell 21. Jämförelser mellan värden från simulerat dimensionerande brandscenario och kritiska nivåer för Gina Tricot.

Parameter	Enhet	Gina Tricot	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i butiken	[°C]	33	80
Optisk densitet	[dB/m]	0,007	1,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	0,79	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	2,60	1,9

Det finns inga resultat i simuleringarna för det dimensionerande brandscenariot som tyder på att personer i Gallerian blir utsatta för kritiska förhållanden vid en brand i Gina Tricot.

Känslighetsanalys

Även vid användning av det högre värdet 0,19 kW/s² på tillväxthastighet i simuleringarna uppstår inga kritiska förhållanden, se Tabell 22.

Tabell 22. Jämförelser mellan simulerat konservativt brandscenario, med tillväxthastighet på 0,19 kW/s², och kritiska nivåer.

Parameter	Enhet	Gina Tricot	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i butiken	[°C]	34	80
Optisk densitet	[dB/m]	0,006	1,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	0,85	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	2,5	1,9

Trots att inga kritiska förhållanden uppstår är det önskvärt att butiken utryms så fort som möjligt då det fortfarande kan vara skadligt för besökare att befinna sig inne i lokalen under pågående brand. Simuleringar av utrymning i Pathfinder gav resultat som visade att butiken och anslutande gångstråk töms på besökare efter 130 sekunder med ett totalt besökarantal på 700 personer i Gallerian. Med det högre besökarantalet på 3698 personer har alla besökare utrymt butiken efter cirka 190 sekunder.

Butiken töms som nämnts tidigare relativt fort på besökare men det sker köbildning efter 81 sekunder i butiken när besökarantalet i Gallerian är som högst. Om en eventuell brand skulle uppstå i närheten av en utgång där det sker köbildning skulle detta kunna leda till ett problematiskt scenario. Butiken har dock flera utgångar och kritiska förhållanden uppstår aldrig. De utrymmande skulle kunna tänkas använda den utgång som inte ligger i anslutning till branden och tack vare de goda säkerhetsmarginalerna kan detta ske utan att den förlängda utrymningstiden bidrar till ett hot mot de utrymmande besökarnas säkerhet.

Åtgärdsförslag

Då det inte uppstår kritiska förhållanden vid brand i butiken krävs det inga ytterligare åtgärder för att säkerställa tillräcklig utrymningssäkerhet.

14.3 Scenario 3: Teknikmagasinet

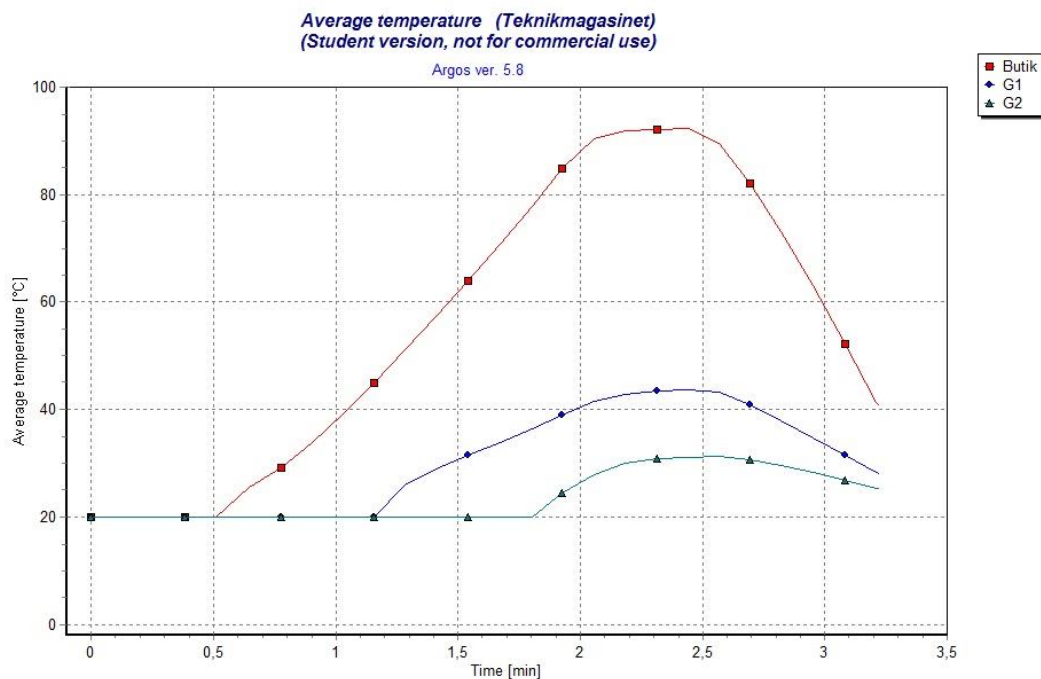
I detta kapitel jämförs i Tabell 23 resultat från kapitel 11 med nivåerna för kritiska förhållanden i Tabell 3.

Tabell 23. Jämförelser mellan simulerat dimensionerande brandscenario och kritiska nivåer för Teknikmagasinet.

Parameter	Enhet	Teknikmagasinet	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i butiken	[°C]	90	80
Optisk densitet	[dB/m]	0,04	2,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	2,2	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	1,75	1,85

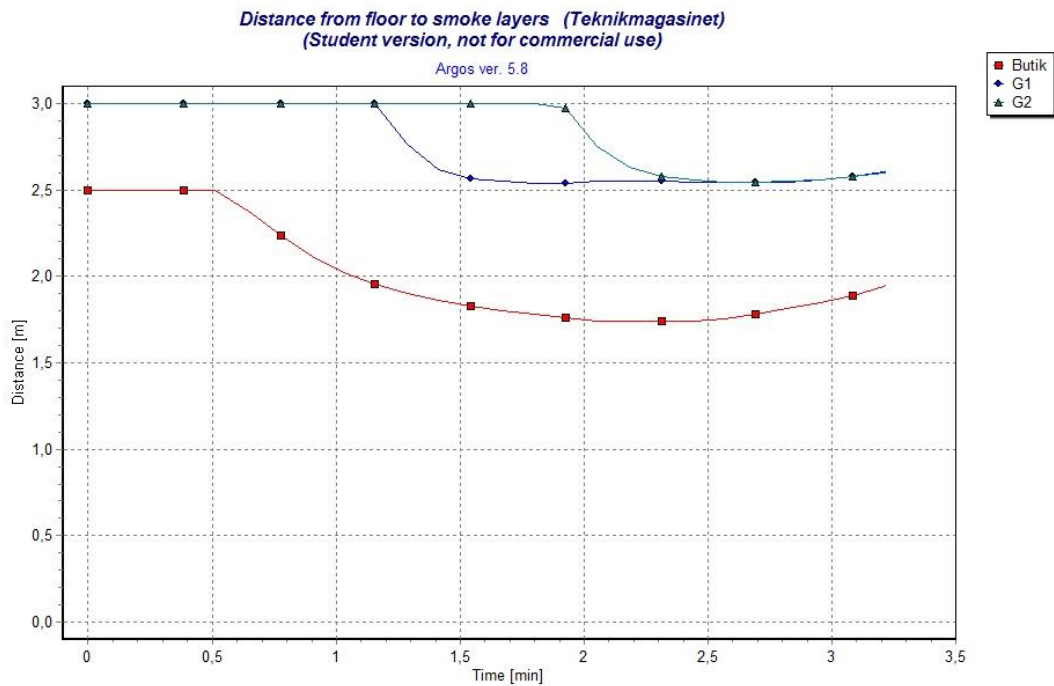
Jämförelsen visar att både temperaturen och höjden till brandgaslaget når kritiska nivåer.

Figur 57 visar hur medeltemperaturen ändras med tiden i butiken och gångstråket. Den kritiska temperaturen uppnås efter cirka 105 sekunder, vilket är 35 sekunder efter utrymning av butiken.



Figur 57. Ändring i medeltemperatur med tiden i butik och gångstråk för simulering med dimensionerande brandscenario.

Figur 58 redovisar hur avståndet från brandgaslagret till golvet ändras med tiden. Efter knappt en och en halv minut uppnås kritisk nivå, då är butiken tömd på personer enligt simulering i Pathfinder.



Figur 58. Ändring av höjd till brandgaslager med tiden i butik och gångstråk.

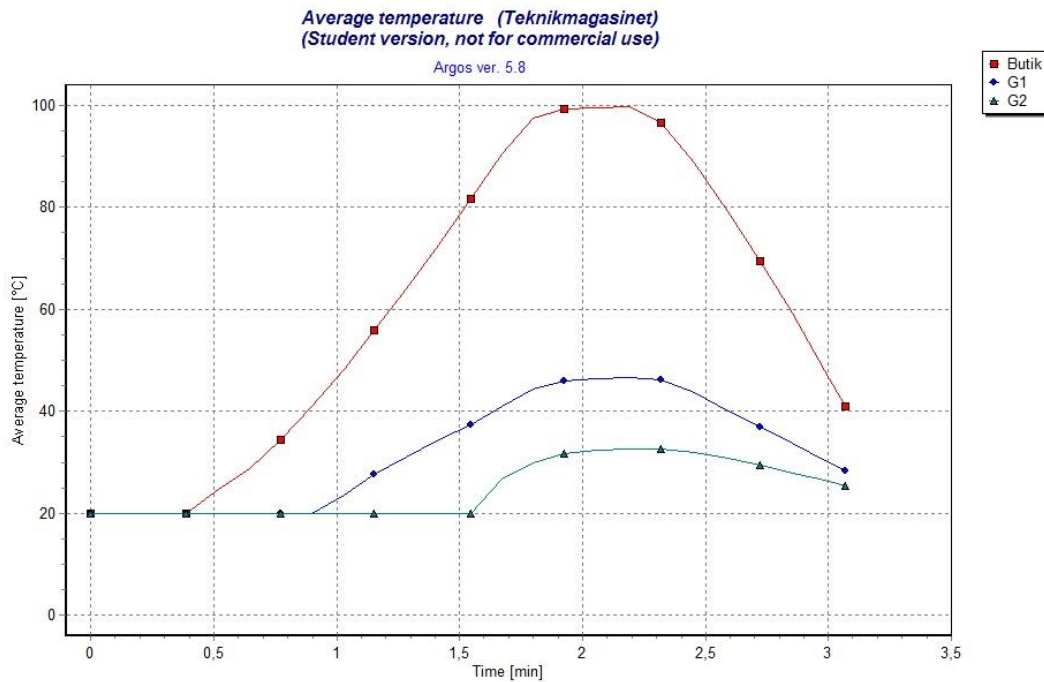
Känslighetsanalys

Vid simulering med en tillväxthastighetskonstant på $0,080 \text{ kW/s}^2$ blev de sammanställda resultaten följande, se Tabell 24.

Tabell 24. Jämförelser mellan simulerat konservativt brandscenario, med tillväxthastighet på $0,080 \text{ kW/s}^2$, och kritiska nivåer.

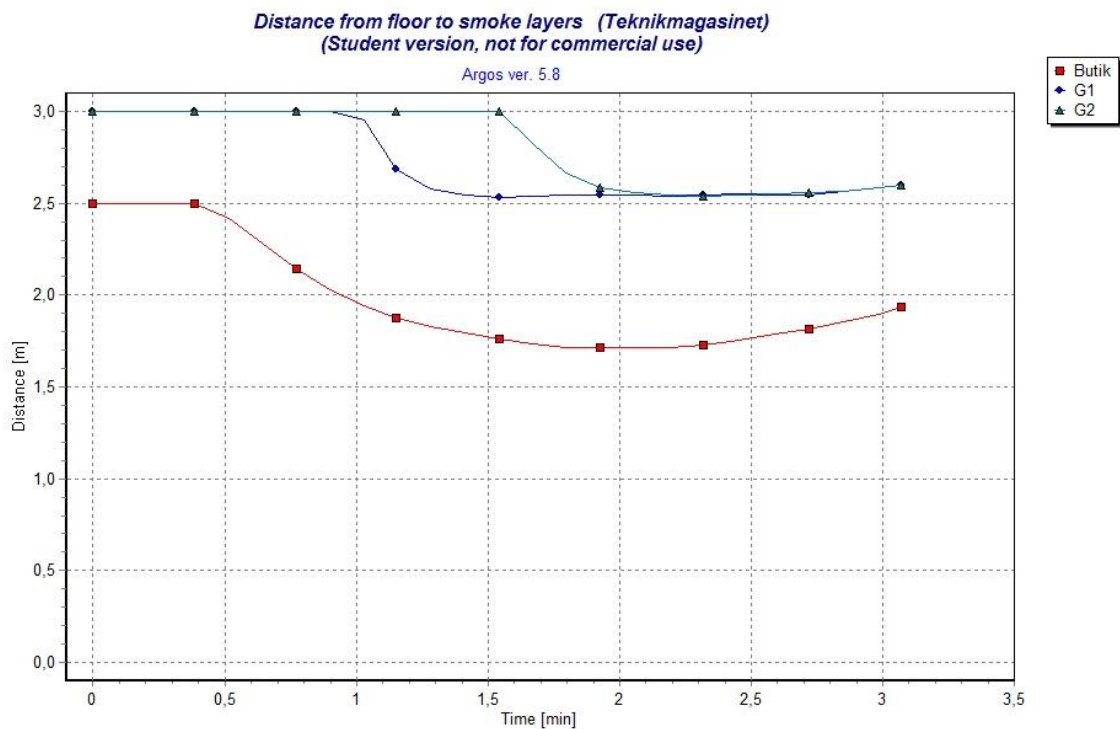
Parameter	Enhet	Teknikmagasinet	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i butiken	[°C]	100	80
Optisk densitet	[dB/m]	0,025	2,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	2,5	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	1,70	1,85

Figur 59 visar hur medeltemperaturen ändras med tiden. Den kritiska temperaturen uppnås efter cirka en och en halv minut, vilket är 10 sekunder efter utrymning av butiken.



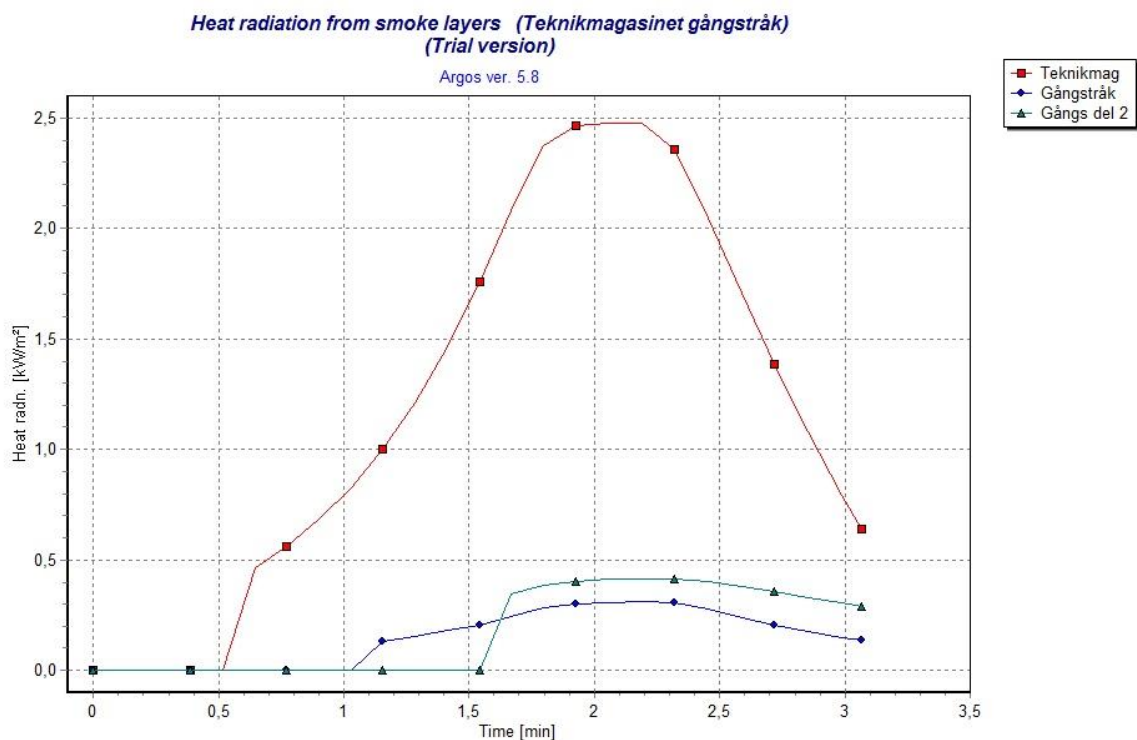
Figur 59. Ändring i medeltemperatur med tiden i butik och gångstråk för simulering med konservativ tillväxtbastighet.

Figur 60 redovisar hur avståndet från brandgaslagret till golvet ändras med tiden. Den kritiska höjden nås efter 73 sekunder, då det fortfarande finns personer i butiken.



Figur 60. Ändring av höjd till brandgaslager med tiden i butik och gångstråk för brandscenario med konservativ tillväxtbastighet.

Figur 61 visar strålning från brandgaslagret över tiden i respektive rum. Butiken är redan utrymd då strålningen uppnår $2,5 \text{ kW/m}^2$ efter cirka 2 minuter.



Figur 61. Ändring av strålning från brandgaslager över tid i respektive rum med konservativ tillväxthastighet.

Åtgärdsförslag

Under en kort tid kommer utrymmande besökare att utsättas för kritiska förhållanden enligt resultaten ovan. Författarna anser det däremot mer troligt att personer kommer upptäcka branden innan rökdetektorn och då meddela varandra att det brinner och på så sätt minska tiden tills butiken är utrymd. Då det redan finns sprinklersystem samt handbrandsläckare i butiken ges inga förslag på förbättringar av släcksystem. Ett lämpligt åtgärdsförslag med hänsyn till resultaten som har erhållits är att personalen bör få utbildning i handbrandsläckning och utrymnings säkerhet om inte detta redan har skett. Detta bör ge tillräckliga säkerhetsmarginaler för att inga besökare ska utsättas för kritiska förhållanden.

Beräkningar och simuleringar utgår från konservativa antaganden på samtliga ingångsparametrar, samt att personalen inte använder handbrandsläckaren. I verkligheten kommer ett scenario med största sannolikhet inte att innebära att personer utsätts för kritiska förhållanden med hänsyn till dessa antaganden.

14.4 Brand i Gina Tricot utan sprinkler

I detta kapitel jämförs i

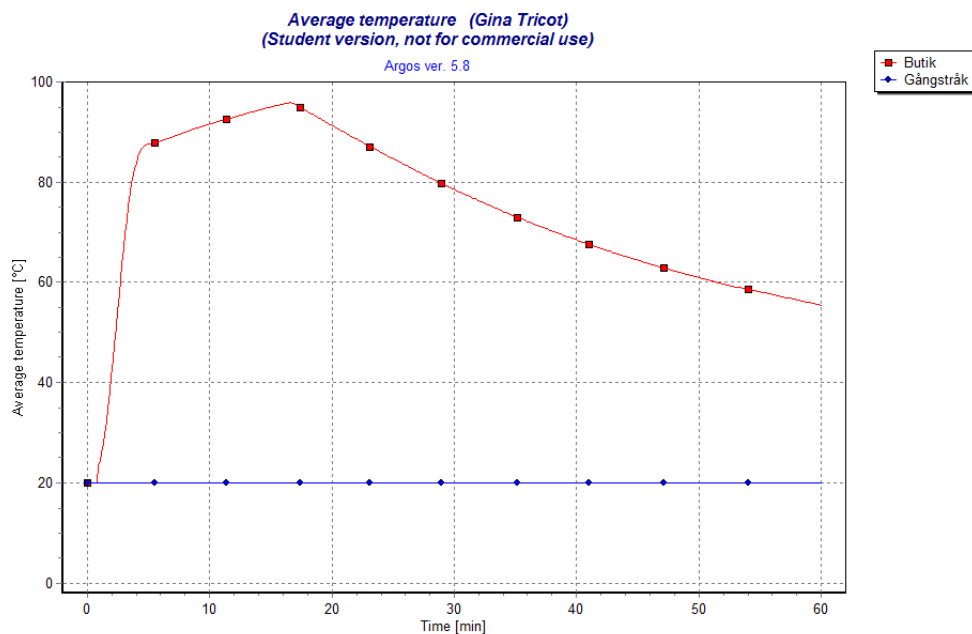
Tabell 25 resultat från kapitel 12 med nivåerna för kritiska förhållanden i Tabell 3.

Tabell 25. Jämförelser mellan simulerat dimensionerande brandscenario och kritiska nivåer för Gina Tricot utan sprinkler.

Parameter	Enhet	Gina Tricot	Kritisk nivå
Maximal medeltemperatur i butiken	[°C]	95	80
Optisk densitet	[dB/m]	4,0	1,0
Strålning från brandgaslager	[kW/m ²]	3,5	2,5
Höjd till brandgaslager	[m]	2,2	1,9

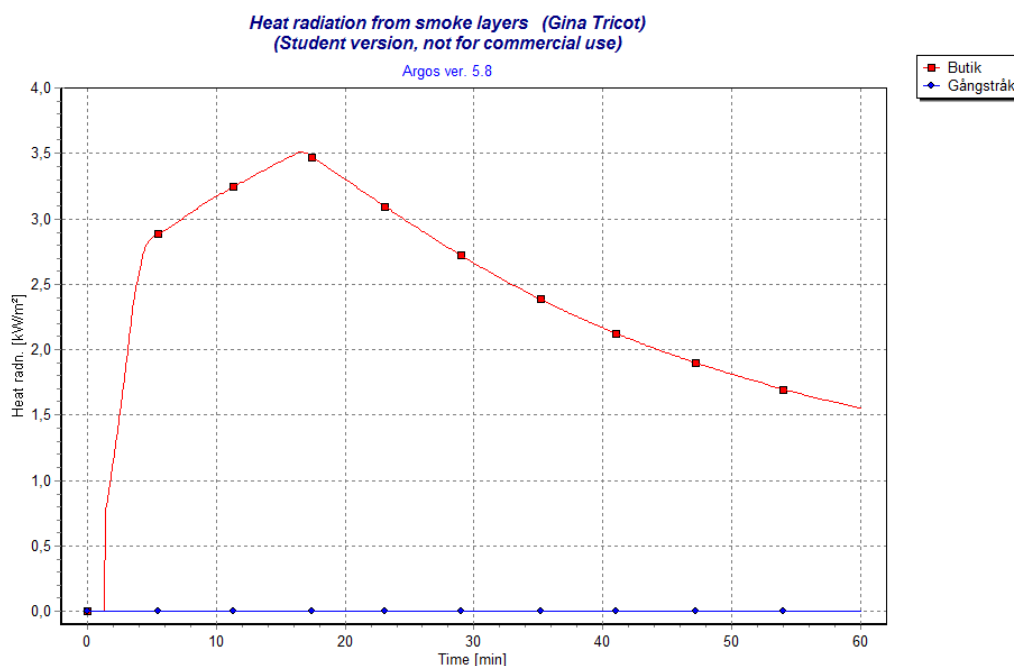
Som det redovisas i tabellen ovanför överstiger alla värden förutom höjd till brandgaslager de kritiska nivåerna i simuleringen utan sprinkler. I kapitel 12 konstateras att den optiska densiteten uppnår kritisk nivå efter cirka 13 minuter. Tid till kritisk nivå för temperatur och strålning från brandgaslager redovisar i nedanstående figurer.

Figur 62 visar hur medeltemperaturen ändras med tiden. Kritisk temperatur nås efter cirka tre minuter i butiken. Viktigt att förtydliga är att Argos redovisar medeltemperatur, det vill säga att i en butik med stor volym blir denna lägre än för i en butik med liten volym. Då Gina Tricot är en stor butik fördelas temperaturen över en stor volym och därför ges en temperatur på 95 °C. Det är troligt att temperaturen kommer vara högre närmare branden. Detta medför en risk att temperaturen kommer överstiga 95°C i vissa delar av butiken vid en riktig brand.



Figur 62. Ändring i medeltemperatur med tiden i butik och gångstråk för simulering utan sprinkler.

Figur 63 visar hur strålning från brandgaslagret ändras med tiden. Kritisk strålning nås efter cirka fyra minuter.



Figur 63. Ändring av strålning från brandgaslager med tiden i butik och gångstråk, utan sprinkler.

I den dimensionerande simuleringen som genomfördes tidigare med sprinkler installerad uppnåddes aldrig några kritiska nivåer för någon parameter. Det motsatta gäller enligt ovan för simulering utan sprinkler då alla parametrar förutom höjd till brandgaslager överstiger kritiska nivåer. Enligt simuleringar i Pathfinder är butiken utrymd efter cirka 132 sekunder och 50 sekunder senare når medeltemperaturen i butiken kritiska nivåer. Efter ytterligare en minut når även strålningen från brandgaslagret kritisk nivå.

Resultaten från simuleringarna visar att personerna i Gallerian klarar sig, men likt simuleringen för brandscenariot i Meriot går detta inte att säkerställa. Om det är en stor mängd besökare på plats beskriver kapitel 11.3.2 hur det bildas kö utanför butiken där brandgaser tar sig ut och stiger till ovanstående gångstråk. Detta leder till att dessa personer kan bli direkt utsatta av brandgaserna.

Åtgärdsförslag

Trots att butiken hinner utrymmas innan kritiska nivåer i simuleringen uppnås, redovisar detta kapitel hur stor påverkan sprinkler har på brandutveckling och respektive parameter för kritiska förhållanden. Sprinklern ger större marginaler för utrymningstiden, begränsar skador på lokalerna och underlättar för räddningstjänsten. Därför bör sprinklersystemet fortsatt underhållas och skötas på ett tillfredsställande sätt.

14.5 Systematiskt brandskyddsarbete

Det systematiska brandskyddsarbetet i Gallerian grundar sig på en omfattande säkerhetsmanual som fastighetsförvaltaren tillhandahåller (M & P Asset Management, 2015). Det genomförs dessutom regelbundna tester och service av utrymningslarm och brandskyddssystem samt utrymningsövningar enligt Gallerians tekniska förvaltare (Teknisk förvaltare, 2016).

De rutiner och riktlinjer kring SBA som ska följas i Gallerian anses vara tillräckliga med hänsyn till den säkerhetsmanual som nämns ovan. Under platsbesöket genomfördes dock en enkätundersökning som behandlade de olika verksamheternas personals kunskap om SBA och rutiner, se Bilaga D. Resultaten från undersökningen visade att det råder viss okunskap och att det trots säkerhetsmanual och övningar saknas kunskap om rutiner och brandskyddsarbete hos personal, se kapitel 13. Okunskap bland personal är ett vanligt förekommande problem i just köpcenter enligt rapporten *Brandskyddsguide - För varubus, köpcenter och gallerior* (Hedén, 2007) och inte unikt för denna galleria.

Då det är just personalen i de olika verksamheterna som ser till att det systematiska brandskyddsarbetet sköts anses okunskapen bland viss personal vara en brist som kan leda till onödig negativ påverkan på säkerheten i Gallerian.

Åtgärdsförslag

Det finns tydliga rutiner och riktlinjer kring SBA i Gallerian och en stor del av de olika verksamheternas personal har enligt enkätundersökningen kunskap om dessa. Det är dock onödigt att säkerheten i Gallerian ska försämrats endast på grund av okunskap och därför bör tillräckliga åtgärder genomföras för att se till att all personal har tillräcklig kännedom om SBA. Förslagsvis kan detta genomföras med en obligatorisk kort utbildning vid anställning för att se till att även nyanställda och vikarier tar till sig den information som finns. Utbildningen kan lämpligen efterföljas av kontinuerliga genomgångar av rutinerna. Ett exempel på detta kan vara att se till att trycka upp tydliga instruktioner och placera i respektive verksamhets personalutrymme och på dörrar.

Vidare bör regelbundna kontroller genomföras för att säkerställa att informationen nått ut till personalen.

14.6 Observerade avvikelser

Vid platsbesöket observerades ett antal mindre avvikelser i Gallerian, vilka presenteras nedan utan särskild rangordning. De kommer kort att analyseras var för sig varpå åtgärdsförslag ges för respektive avvikelse.

1. På Gallerians andra våningsplan fanns en handbrandsläckare mellan atriets och utgång B som saknade tillhörande varselskylt. Detta kan tänkas göra det svårare att lokalisera brandsläckaren vid sämre siktförhållanden och det är dessutom krav på tydlig skyltning enligt AFS (AFS, 2009:2).
2. I butiken Sko- & Nyckelservice täcker belysningsarmaturen en del av butikssprinklernas angreppsyta, detta kan tänkas leda till försämrade sprinklereffekt och större brandutveckling än om sprinklern hade haft en effektiv angrepps- eller verkningsyta.
3. Delar av Gallerians brandgasluckor var tillfälligt övertäckta av presentering på grund av vattenläckage. Trots att inget simulerat brandförlopp visar att ventilation av brandgaser är absolut nödvändigt för utrymningssäkerheten kan fungerande brandgasluckor tänkas underlätta räddningstjänstens arbete.

Åtgärdsförslag

1. Handbrandsläckaren ska förses med nödvändig skyltning för att göra den enklare att lokalisera och för att uppfylla de krav som ställs i AFS.
2. Det bör undersökas om Sko- & Nyckelservices belysningsarmatur riskerar att försämra butikssprinklernas angreppsyta.
3. De övertäckta brandgasluckorna bör åtgärdas för att förenkla räddningstjänstens arbete med att få ut brandgaser ur byggnaden vid och efter en brand. Denna åtgärd kommer inte tas upp i verifieringen eftersom rapporten inte undersöker rökfyllnad i den grad att en bedömning av luckornas påverkan kan göras.

14.7 Olika sprinklerbulber i butik och gångstråk

Vid objektbesöket i Gallerian observerades det att det fanns två olika typer av sprinklerbulber vid ett mindre antal butiker och anslutande gångstråk, tjocka respektive smala. Tjocka sprinklerbulber inuti butikerna och smala sprinklerbulber i gångstråken utanför. Med dessa observationer som grund genomfördes tester av sprinklerbulbers aktiveringstid i LTHs brandlaboratorium. Dessa tester redovisas i kapitel 6 och Bilaga F.

Testerna visade att smala och tjocka sprinklerbulber har en viss skillnad i aktiveringstid. Detta kan leda till att den smala sprinklern i gångstråket aktiveras tidigare än den tjocka inuti butiken. Då detta inte har kunnat undersökas vidare görs ingen ytterligare analys, men risken för att detta ska inträffa antas vara låg ifall det uppstår en brand inuti butiken. En brand som exempelvis sker nära butikens utgång med hastig brandgasspridning ut i gångstråket skulle dock kunna leda till tidigare sprinkleraktivering i gångstråket jämfört med butiken.

Om sprinklerhuvudena i gångstråket och butiken är kopplade till samma system skulle en tidigare aktivering i gångstråket kunna leda till att det sker tryckfall i systemet. När aktivering väl sker inuti butiken sker då detta med lägre än önskvärt tryck. Det saknas dessvärre information om hur sprinklern är kopplad och detta kommer därför inte att analyseras vidare.

Åtgärdsförslag

Ifall sprinklern i gångstråket och sprinklern inuti butiken är kopplade till samma system bör möjligheten att byta ut sprinklerbulberna till samma tjocklek ses över för att undvika ett scenario likt det ovan. Ifall sprinklerna är kopplade på olika system behöver ingen ytterligare åtgärd göras.

15 Verifiering av åtgärdsförslag

Följande åtgärdsförslag har inte kunnat fastslås med kvantitativ analys som beräkningar eller simuleringar. En anledning till detta är svårigheter med att simulera eller beräkna hur väl personer tar till sig information angående SBA. När det kommer till sprinklerpåverkan från belysningsarmaturen är det begränsningarna i Argos som gör att det inte går att genomföras. Programmet saknar förmåga att ta hänsyn till objekt och föremål i brandrummet. Istället kommer det argumenteras för förslagen med kvalitativa resonemang.

Förbättrat SBA

Genom att säkerställa personalens kunskap om SBA kan det undvikas att utrymningssäkerheten försämras på grund av bristfälliga rutiner. Med utbildning i hantering av handbrandsläckare och utrymning kommer personalen även kunna agera tidigt i ett brandförlopp genom att se till att besökare utryms och eventuellt försöka släcka branden. På så sätt minskar sannolikheten att personer utsätts för kritiska förhållanden. Antingen utryms besökare snabbt eller så släcks alternativt begränsas branden tidigt i sitt förlopp.

Skyltning

Med tydlig uppsatt skyltning för handbrandsläckaren blir det enklare för personer att lokalisera den och på så sätt kunna inför en manuell insats vid händelse av brand.

Undersökning av sprinklerpåverkan

Kapitel 14.4 talar för behovet av ett fungerande sprinklersystem, då simuleringarna utan sprinkler bidrog till att fler kritiska förhållanden uppnåddes. Genom ett kontinuerligt underhåll av sprinklersystemet minskar risken för felfunktion vid brand. Utifrån samma argument bör även belysningsarmaturen i Sko- & Nyckelservice undersökas. Om det fastställas att sprinklersystemet påverkas negativt av belysningsarmaturen bör denna bytas ut till ett alternativ som inte skymmer sprinklerhuvudena.

16 Diskussion

Rapporten har kontinuerligt tagit upp, diskuterat och analyserat vissa osäkerheter och antaganden som gjorts. I detta kapitel kommer en del av dessa att behandlas vidare tillsammans med delar som inte tidigare diskuterats nämnvärt.

Även om förberedelserna inför platsbesöket var noggranna upptäcktes det efteråt att vissa saker hade undgått att undersökas. Bland annat gjordes ingen noggrann inventering av verksamheterna för att få en klar bild om hur riskbilden faktiskt såg ut. Anledningen till detta var att det hade tagit för lång tid att gå igenom alla dessa verksamheter samtidigt som det enligt föreslagna avgränsningar skulle fokuseras på gångstråken. Hade de tre brandscenarierna valts ut på plats istället för när besöket var avslutat hade detta däremot kunnat genomföras. En sådan undersökning hade då kunnat ge mer information om exempelvis troliga brandbelastningar och möblering i verksamheterna.

För att kunna bestämma vad som var skadligt valdes Boverkets värden för kritiska förhållanden. Den främsta anledningen till detta var för att ha fastställda mått att utgå från som både kunde beräknas och simuleras fram.

Som det nämndes tidigare i diskussionen valdes brandscenarierna efter att platsbesöket hade genomförts. Detta är en av de främsta anledningarna till varför respektive dimensionerande brandförlopp tagits fram så som rapporten beskriver. Författarna ansåg att de saknade den detaljdata som krävdes för att placera ut en brand på flera olika ställen i en och samma verksamhet. De ansåg att ett utförande enligt denna metod skulle leda till ytterligare grova osäkerheter och påverka rapportens trovärdighet då brandens placering skulle bli ytterligare en variabel. Istället valde författarna att försöka ta fram ett dimensionerande brandförlopp som skulle motsvara ett av de värsta troliga brandscenarierna för respektive verksamhetstyp.

Antaganden och felfaktorer

Bakom rapportens framtagna resultat ligger flera uppskattningar och antaganden som gjorts. För varje antagande tillkommer osäkerheter och det är därför viktigt att varje sådan är väl genomtänkt. De största och mest väsentliga uppskattningar som gjorts är hanteringen av brandförloppen. Värdena för respektive brandförlopp är tagna från tidigare experiment och anses vara en trovärdig källa. Dock uppstår det osäkerheter när dessa experiment anpassas till de utvalda brandscenarierna. För att dessa osäkerheter ska vara så konservativa som möjligt har varje anpassning utgått från de experiment som gett den snabbaste effektutvecklingen. Brandbelastningen uppskattades utifrån information om respektive verksamhet från platsbesöket och den uppställning som använts i experimenten. Ännu en gång bekräftades behovet av detaljerad information för de utvalda brandscenarierna.

DISKUSSION

Brandgasluckorna som var övertäckta och fastspända har i analysen inte blivit utvärderade och deras påverkan är därmed okänd. En trolig följd av att dessa luckor aktiveras är att mer brandgaser kan ventileras ut och därmed fördröja att brandgaslagret sjunker i scenarierna, samt att kontoren och bostäderna som vetter mot atriet och som inte har analyserats utsätts för brandgaserna under en kortare tid.

När det kommer till utrymningen har författarna inte tagit hänsyn till eventuella rutiner som personalen utför vid tillbud. Detta kan leda till förändrad utrymningstid, men även förändrat brandförlopp. Risken kan finnas att dessa rutiner leder till förlängt utrymningsförlopp för personalen, men även till ett begränsat brandförlopp. Då rutinerna är gjorda för brandsäkert syfte anser författarna att det är till största delen konservativt att bortse från dessa.

Argos & handberäkningar

Anledningen till att Argos valdes som simuleringsprogram för brandförloppen i respektive scenario var dess förmåga att utföra snabba simuleringar. Då objektets geometri både var komplext och stort ville författarna ha möjligheten att utföra flera variationer på simuleringarna för att få fram brandförlopp som motsvarade handberäkningarna så mycket som möjligt.

Det är värt att notera att Argos är en tvåzonsmodell och gör därför vissa antaganden både geometriskt och fysiskt. Några exempel är att rummen endast kan beskrivas som kvadrater och att respektive värde som simuleras är ett medelvärde i zonerna. Det vill säga att butiker med stor volym får mindre medelvärden och butiker med liten volym får större medelvärden.

Rapporten saknar däremot ett tydligt sätt att mäta rökspridning då Argos har svårt för att mäta och beräkna spridning av rök. I vissa simuleringar påvisade Argos att kritiska nivåer för optisk densitet uppnåddes i det stora gångstråket eller atriet före rummen där branden befann sig. Då dessa rum hade betydligt lägre till tak och utgjorde en mindre volym borde inte detta inträffa. Det visar att Argos har svårt att beräkna värden för just denna parameter när det gäller stora utrymmen med högt till tak. Spridning av rök har därför grovt uppskattats med kvalitativa bedömningar.

Resultat från Argos jämfördes även med resultat från handberäkningarna. Trots att tid till sprinkleraktivering för handberäkningarna togs från Argos skiljde sig effekterna vid denna tidpunkt. Effekten från Argos överskred handberäkningarnas framtagna effekt trots att båda metoderna utgått från liknande tillväxthastigheter. Den främsta anledningen till detta borde vara att Argos tar hänsyn till återstrålning från brandgaslager, rummets geometri och materialegenskaper. Detta görs inte i handberäkningarna och utifrån detta ger Argos mer konservativa värden.

Ännu en skillnad mellan resultaten från Argos och handberäkningarna var effektkurvans utseende efter sprinkleraktivering. Enligt Boverket hålls effekten konstant i en minut efter sprinkleraktivering och går sedan ner till en tredjedel av maxeffekten och hålls konstant tills bränslet tagit slut (Boverket, 2013). I Argos stabiliserades effekten på det sätt som Boverket beskrivit, men hölls konstant i cirka 30 sekunder. Därefter slocknade branden inom en minut för respektive scenario. I detta fall är Boverkets metod mer konservativ, då branden pågår under en längre period. Rapporten redovisar däremot korta utrymningstider i förhållande till de tidpunkter då effektkurvorna börjar avta. Personsäkerheten påverkas därför inte utifrån valet av metod för att minska effektkurvan.

Pathfinder & utrymning

Vid simuleringarna i Pathfinder gjordes antaganden och uppskattningar för att ta fram indata. Antaganden har gjorts angående åldersfördelning bland besökare och antal personer med nedsatt rörelseförmåga som besöker köpcentrum, då information om detta inte hittades. Placeringen av personerna har gjorts slumpmässigt för våningsplanen i Pathfinder, vilket medför att antalet personer i varje utrymme inte alltid stämmer överens med verkligheten. Författarna har inte heller gått in i detalj för varje verksamhet för att dela upp personer som befinner sig i lokalen på ett verklighetstroget sätt. Detta eftersom att rapportens fokus skulle vara på utrymning genom gångstråken, och inte genom själva butikerna.

Persontätheten på 0,5 p/m² från BBR gav ett totalt besökarantal på 3698 personer, vilket var väldigt konservativt jämfört med värdet på 700 personer som gavs av Gallerians tekniska förvaltare. Som det nämndes i kapitel 8.3 var 700 personer nära ett tidigare framtaget medelvärde för köpcentrum. Värdet från BBR valdes som ett konservativt värde som sällan överskrids. Om brandskyddet dimensioneras utifrån det ska byggnaden vara säker. Storleken på köerna och mängden personer som samlades runt utgångarna varierade markant när personantalet i simuleringarna ändrades från 700 till 3698, och tiden tills Gallerian tömdes ökade med 50-100 % när personantalet höjdes.

De fiktiva gränslinjerna i Pathfinder gjorde att vissa grupperingar splittrades. Tillsammans med att programmet inte tog hänsyn till grupp beteenden ledde detta till att vissa personer lämnades ensamma vilket inte kan antas stämma överens med verkliga förhållanden.

I verksamheterna ritades inga möbler eller hinder ut, som exempelvis hyllor och bord med produkter. Detta kan då bidra till att utrymningstiden blev kortare i simuleringarna än i verkligheten. Å andra sidan gav det en större öppen butiksytta och därmed ett ännu mer konservativt värde då BBRs persontäthet användes.

Ett annat exempel på något som författarna inte kan bedöma som fullt verklighetstroget är vissa köbildningar som uppstod. Ibland blev det kö vid en utgång när det var fullt möjligt att obehindrat utrymma via andra närliggande och ej blockerade utgångar. Att detta skedde beror troligtvis på de modeller som Pathfinder använder sig av och som beslutar och rangordnar vilken utgång som är bäst att använda.

Övrigt

Enkätundersökningen visade på att flertalet personer svarat att de inte kände till SBA, men majoriteten svarade att det fanns rutiner vid brand. Personerna som svarade att de inte kände till SBA kanske helt enkelt inte visste vad det var, även om det är utskrivet i enkäten att SBA står för systematiskt brandskyddsarbete.

Rapportens trovärdighet

I sin helhet bedömer författarna att rapportens tillförlitlighet är god. Resultaten från simuleringar och beräkningar har jämförts med kritiska nivåer för respektive scenario. Men bara för att resultaten har påvisat ett utfall har inte slutsatser dragits enbart baserat på detta. I vissa fall var värdena från resultaten lägre än de kritiska nivåerna, men så pass nära att författarna bedömde att de ändå kunde utgöra en risk. På grund av osäkerheter från modeller och antaganden kunde de ha lett till överskridande av de kritiska nivåerna. Därför undersöktes det vidare om dessa fall faktiskt innebar potentiell skada på personer, för samtliga resultatvärden som överskred de kritiska nivåerna genomfördes denna typ av undersökning.

Författarnas reflektioner & lärdomar

Författarna har kunnat identifiera viss problematik som uppstått under projektets gång. Det sätt som de utvalda brandscenerierna initialt valdes att analyseras på visade sig leda till större arbetsbörda än förväntat. Från början delades scenarierna upp bland författarna och litteraturstudier och beräkningar genomfördes simultant för respektive scenario. Detta innebar att många beräkningar och simuleringar fick göras om när förändringar i beräkningsgången genomfördes. Ett bättre tillvägagångssätt hade varit att fokusera på ett scenario i taget - från dess början till slut. Det finns flera scenarier som författarna hade velat undersöka, exempelvis sprinklerpåverkan i Sko- & Nyckelservice, vilka tyvärr har behövts bortprioriterats på grund av tidsbrist. Författarna kunde mot slutet identifiera ytterligare ett scenario som hade varit givande att undersöka. I och med Gallerians öppna yta bestående av torget i atriet på första plan hade det varit av intresse att se hur utrymning av en stor folkmassa därifrån hade sett ut. I efterhand anser författarna att simuleringar i FDS borde ha utförts för att studera brandgasspridning noggrannare. Det saknas även beräkningar och jämförelser med hur skadliga kriterier uppnås vid en underventilerad brand. Från detta drar författarna lärdom om att det är viktigt att de scenarier som väljs ut är väl genomtänkta och representerar verksamheten ur flera olika aspekter.

17 Slutsats

Utfallet av den brandtekniska riskvärderingen visar att skyddsmålet uppfylls vid utrymning av Gallerian för de dimensionerande brandscenarierna. Det finns ett fullgott och välplanerat brandskydd samt systematiskt brandskyddsarbete.

Ett antal mindre avvikelser och brister har dock noterats, dessa har analyserats och åtgärdsförslag har tagits fram. Åtgärdsförslagen är uppdelade i två kategorier för att tydliggöra vad som ska göras och vad som bör göras för att ytterligare förbättra personsäkerheten i Gallerian.

17.1 Åtgärd som Ska göras

Följande åtgärd ska genomföras för att uppfylla krav från AFS (2009:2) samt för att ytterligare förbättra personsäkerheten i Gallerian:

- Handbrandsläckaren på plan två mellan atriets och utgång B ska förses med nödvändig skyltning för att göra det enklare att lokalisera och uppfylla de krav som ställs i AFS.

17.2 Åtgärder som Bör göras

Följande åtgärder är förslag på vad som bör göras för att ytterligare förbättra personsäkerheten i Gallerian:

- Sprinklersystemet bör fortsatt underhållas och skötas på ett tillfredställande sätt.
- Obligatorisk kort utbildning om SBA bör ske vid anställning för att se till att även nyanställda och vikarier tar till sig den information som finns. Lämpligen kompletteras utbildningen med kontinuerliga genomgångar, kunskapskontroller och tydliga utskrivna instruktioner i personalutrymmen.
- Det bör utredas om belysningsarmaturen i Sko- & Nyckelservice påverkar butiksprinklernas angreppsyta på ett negativt sätt.
- Vattenläckaget som ligger till grund för de övertäckta brandgasluckorna bör åtgärdas för att kunna återställa brandgasluckornas funktion. Detta för att förenkla räddningstjänstens arbete med att få ut brandgaser ur byggnaden vid och efter en eventuell brand.
- Personal bör få ytterligare utbildning i handbrandsläckning och utrymningssäkerhet om inte detta redan har skett.

Referenser

Rapporter

Approvals, F., 2009. *Approval Standard for Residential Automatic Sprinklers for Fire Protection*, Johnston: FM Global.

Benthorn, L. & Frantzich, H., 1996. *Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose evacuation exit?* Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Universitet.

Department for Communities and Local Government (DCLG), (2006). *Fire Safety Assessment - Large Places of Assembly*. London: Department for Communities and Local Government.

Erdsjö, T. & Lindberg, C., 2008. *Persontäthet vid utrymningsberäkningar - Köpcentrums persontätheter*, Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds universitet.

Frantzich, H. (1994). *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Universitet.

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

Frantzich, H. & Olsson, F., 1991. *Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer*, Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds universitet.

Hedén, M., 2007. *Brandskyddsguide- För varuhus, köpcenter och gallerior*, Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds universitet.

Johansson, H., 1999. *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*, Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds universitet.

NRC-CNRC, N. R. C. C., 2005. *Design Fires for Commercial Premises - Results of Phase 1*, Ottawa: National Research Council Canada.

NRC-CNRC, N. R. C. C., 2007. *Design Fires for Commercial Premises - Results of Phase 2*, Ottawa: National Research Council Canada.

Samochine, D. A., Boyce, K. & Shields, T., 2005. *An Investigation into Staff Behaviour in Unannounced Evacuations of Retail Stores - Implications for Training and Fire Safety Engineering*.

Scherfig, S. & Baden, N., 1992. *Argos Validation Report - Comparison of ARGOS Simulations with Full Scale Multi-Room Fire Tests*, Hvidovre: Danish Institute of Fire Technology.

Shields, T. & Boyce, K. E., 2000. *A study of evacuation from large retail stores*. Fire Safety Journal, 35(1), pp. 25-49.

Staffansson, L., 2010. *Selectind design fires*, Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Universitet.

Thunderhead, 2015. *thunderheadeng*. [Online]

Available at:

http://www.thunderheadeng.com/downloads/pathfinder/verification_validation_2015_1.pdf

[Använd 09 04 2016].

Zalok, E., Hadjisophocleous, G. and Lougheed, G. (2009). *Design Fire Experiments for Commercial Premises*. Los Angeles, London, New Delhi and Singapore: SAGE.

Litteratur

Drysdale, D., 2011. *An Introduction to Fire Dynamics*. 3rd red. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

Karlsson, B. & James, G. Q., 2000. *Enclosure Fire Dynamics*. U.S.A: CRC Press.

Internet

Gallerian, P., 2016. *Punkt Gallerian*. [Online] Available at: <http://punktgallerian.se/>

[Använd 07 04 2016].

Korhonen, T. & Hostikka, S., 2010. *Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac, Technical Reference and User's Guide*. [Online]

Available at: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/FDS+EVAC_5_Guide.pdf

[Använd 29 Mars 2016].

MSB, M. f. S. o. B., 2015. *IDA-portalen*. [Online] Available at: <http://ida.msb.se/ida2#page=RI>

[Använd 23 Februari 2016].

Thunderhead, 2016. *Pathfinder*. [Online] Available at:

<http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>

[Använd 05 04 2016].

Regelverk

AFS, 2009:2. *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*, u.o.: Arbetsmiljöverket.

Boverket, 2013. *BBRAD - Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*.

Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2016. *BBR 22*. Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2016. *Obligatorisk ventilationskontroll*. [Online]

Available at: <http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/ovk/>

[Använd 15 03 2016].

Övriga

Area tech, Nordicpm & Gallerian, 2012. *Planritning brand*. u.o.:u.n.

ARGOS, 2016. *ARGOS*, Hvidovre: DBI.

Gallerian - Dokument & Ritningar, 2016. *Gallerian - Dokumentation och ritningar*. Västerås: u.n.

REFERENSER

Jönsson, Axel: brandkonsult vid Brandskyddslaget, Stockholm. Lunds Tekniska Högskola, 2016, föreläsning 27 januari.

Stadsbyggnadskontoret, 2016. *Dokument och ritningar*. Västerås: Stadsbyggnadskontoret.

M & P Asset Management, 2015. *Sammanfattad säkerhetsmanual Gallerian*. u.o.:u.n.

Teknisk förvaltare, 2016. *Petri Isoaho* [Intervju] (12 02 2016).

Bilaga A

Övertändning

Enligt Drysdale (2011) är övertändning ett stadiet i brandförloppet där branden snabbt växer från sin ursprungspunkt till att omfatta alla brännbara ytor i rummet. Det nämns även att det är osannolikt att personer som inte hunnit utrymma innan övertändning sker överlever. På grund av att detta är det av intresse att undersöka om och när det uppstår. Då övertändning snarare utgör en övergång än en direkt punkt i förloppet brukar det kännetecknas av följande (Drysdale, 2011):

- När lågor slår ut genom utrymmets öppningar
- Temperaturen i brandgaslagret taket når 525°C
- Strålningen mot golvet når 20 kW/m²

För att beräkna när övertändning är trolig att ske används McCaffreys, Quintieres och Harkleroads metod (Karlsson & Quintiere, 2000). Metoden räknar på förbränning av syre som flödar ut genom öppningarna i utrymmet. Effekten till övertändning jämförs sedan med framtagen effektkurva för att undersöka om och när övertändning sker. Beräkningen utgår från följande ekvation:

Ekvation 1
$$\dot{Q}_{FO} = 610(h_k A_T A_0 \sqrt{H_0})^{0,5}$$

Där	\dot{Q}_{FO}	Effekt då övertändning sker	[kW]
	h_k	Värmeledningskoefficient för omslutande ytor	[kW/(m ² K)]
	A_T	Omslutningsarea minus öppningsarea	[m ²]
	A_0	Öppningsarea	[m ²]
	H_0	Öppningshöjd	[m]

Beroende på hur brandens tid förhåller sig till penetrationstiden, t_p , används olika ekvationer för h_k . Koefficienten beror i sin tur på materialens typ och tjocklekar, som i denna rapport är okända. För respektive scenario antas därför typ av material baserade på bilder från besöket.

I detta fall antas det att $t < t_p$, då gäller följande ekvation för att beräkna h_k i ett utrymme med olika material i väggar, golv och tak:

Ekvation 2
$$h_k = \sum \frac{A_{yta}}{A_T} \sqrt{\frac{k\rho c_{material,yta}}{t}}$$

Där	$k\rho c$	Sammanvägda termiska egenskaper för material	[W ² s/(m ⁴ K ²)]
	t	Aktuell tid för brand	[s]

BILAGA A

Tabell 26 redovisar de indataparametrar som användes vid beräkning av effekt vid övertändning för respektive scenario.

Tabell 26. Indata från beräkning av när övertändning sker i respektive verksamhet.

Parameter	Enhet	Meriot	Gina Tricot	Teknikmagasinet
A_T	[m ²]	81,3	1705	221,3
A_0	[m ²]	11,2	36,4	12,2
H_0	[m ²]	1,1	3	2,3
A_1	[m ²]	34	680	116,8
A_2	[m ²]	47,6	1024	36,6
A_3	[m ²]	-	-	68
$k\rho c_1$	[W ² s/(m ⁴ K ²)]	19600	19600	20000
$k\rho c_2$	[W ² s/(m ⁴ K ²)]	2200000	2200000	180000
$k\rho c_3$	[W ² s/(m ⁴ K ²)]	-	-	190000

I Tabell 27 presenteras resultat av handberäkningar för effekt och värmeövergångstal vid olika tidpunkter där enheten för \dot{Q}_{FO} är MW och för h_k [W²s/(m⁴K²)].

Tabell 27. Resultat av handberäkningar för effekt och värmeledningskoefficient vid olika tidpunkter för respektive scenario.

Tid [s]	Meriot		Gina Tricot		Teknikmagasinet	
	\dot{Q}_{FO}	h_k	\dot{Q}_{FO}	h_k	\dot{Q}_{FO}	h_k
60	7,5	0,156	76,2	0,145	9,2	0,056
120	6,3	0,110	64,0	0,103	7,7	0,039
600	4,2	0,049	42,9	0,046	5,2	0,018

Bilaga B

Ventilationskontrollerad brand

I en ventilationskontrollerad brand begränsas den maximala effektutvecklingen av mängden syre som kan flöda in genom rummets öppningar, då det inte finns tillräckligt mycket för att kunna förbränna allt material (Karlsson & James, 2000). Genom att undersöka vid vilken effekt detta inträffar kan det säkerställas om mängden bränsle eller tillgången på syre begränsar branden. Är den dimensionerande brandens effekt lägre än effekten som krävs för en ventilationskontrollerad brand kommer den vara begränsad av mängden bränsle istället. Denna effekt beräknas med ekvation 3 som utgår från 23 % syre i luften, att varje förbränt kilogram ger 13,1 MJ samt att fullständig förbränning sker (Staffansson, 2010):

$$\text{Ekvation 3} \quad \dot{Q}_V = 1500A_0\sqrt{H_0}$$

Där

\dot{Q}_V	Maximal effekt för ventilationskontrollerad brand	[kW]
A_0	Öppningsarea	[m ²]
H_0	Öppningshöjd	[m]

Denna ekvation utgår från att allt syre som tar sig in i utrymmet går åt förbränningen, vilket inte är troligt vid en riktig brand. Uppskattning av öppningsarea och öppningshöjd görs via ekvation 4 & 5 nedan (Staffansson, 2010):

$$\text{Ekvation 4} \quad A_0 = A_1 + A_2 \dots + A_n = b_1H_1 + b_2H_2 \dots + b_nH_n$$

$$\text{Ekvation 5} \quad H_0 = \frac{A_1H_1 + A_2H_2 \dots + A_nH_n}{A_0}$$

Där

$A_{1\dots n}$	Area av öppning nummer 1 till nummer n	[m ²]
$b_{1\dots n}$	Banlängd av öppning nummer 1 till nummer n	[m]
$H_{1\dots n}$	Höjd av öppning nummer 1 till nummer n	[m]

Tabell 28 visar värden för öppningsarea, öppningshöjd och vid vilken effekt som respektive brand blir ventilationskontrollerad.

Tabell 28. Kontroll av när brandscenerierna blir ventilationskontrollerade.

Verksamhet	A_0 [m ²]	H_0 [m]	\dot{Q}_V [MW]
Meriot	11,2	1,1	17,6
Gina Tricot	36,4	3	94,5
Teknikmagasinet	12,2	2,3	27,7

Bilaga C

Effektutveckling

Vid beräkning av effektutvecklingen för brandscenarierna studerades rapporter av National Research Council Canada (NRC-CNRC) (2005, 2007) samt Zalok et al. (2009). I dessa beskrevs genomförda försök för att simulera bränder i olika verksamheter, där olika stora bränslepaket sammansatta av representativa material för verksamheterna eldades. Respektive dimensionerande brandscenario förknippades sedan med rapporternas olika försökskategorier, se Tabell 29.

Tabell 29. Redovisning av motsvarande försökskategori för varje dimensionerande brandscenario.

Dimensionerande brandscenario	Försökskategori
Meriot	Fast food restaurant or kitchen
Gina Tricot	Clothing store
Teknikmagasinet	Computer store

För varje studerad effektkurva togs en tillväxthastighet, α , fram enligt ekvationen nedan:

Ekvation 6
$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{t^2}$$

Där

\dot{Q}	Brandens maximala effektutveckling	[kW]
t	Tid till maximal effektutveckling	[s]
α	Brandens tillväxthastighet	[kW/s ²]

Efter att α beräknats för relevanta försök valdes två konservativa tillväxthastigheter ut för varje brandscenario, ett som motsvarade högsta uppmätta α från försöken, samt ett med cirka 50 % högre värde för att ge en tydlig säkerhetsmarginal. Tillväxthastigheter från experimenten Test 1 och Test 2 samt det konservativt uppskattade för respektive scenario redovisas i Tabell 30.

Tabell 30. Beräknade tillväxthastigheter för respektive brandscenario. Test 1 motsvarar litet försök, Test 2 stort och Konservativt motsvarar ett värde som är cirka 50% större än Test 2.

Använt α	Enhet	Meriot	Gina Tricot	Teknikmagasinet
Test 1	[kW/s ²]	0,012	0,040	0,008
Test 2	[kW/s ²]	0,032	0,120	0,051
Konservativt	[kW/s ²]	0,047	0,190	0,080

Bilaga D

Enkätundersökning

Följande enkät lämnades ut till ett tiotal butiker vid platsbesöket:

Hej,

Vi är fyra brandingenjörstudenter från Lunds tekniska högskola som har till uppgift att utvärdera personsäkerheten vid brand och utrymning i Gallerian.

Enkätundersökningen kommer utgöra underlag för arbetet och kommer endast användas för vår utvärdering.

Ert svar har stor betydelse för rapporten och vi är tacksamma om ni kan avvara en stund för att svara på frågorna nedan. *Butiksnamnet används endast vid sammanställning av resultaten och kommer inte att publiceras.*

1. Namn på verksamheten?

2. Antal anställda?

3. Antal kunder som vistas i butiken samtidigt?

Normalt:

Maximalt:

4. Vad har ni för rutiner vid en eventuell brand?

5. Genomgår ni någon typ av brandskyddsutbildning?

JA NEJ

Om ja,

Vad ingick i er utbildning?

Senaste utbildningstillfället:

6. Känner ni till SBA (systematiskt brandskyddsarbete)?

JA NEJ

Om ja,

Har ni ett dokumenterat och fungerande SBA?

7. Har det skett några tillbud?

JA NEJ

Exempel:

8. Hur upplever ni er verksamhets brandsäkerhet? Ringa in ert svar.

1 = "Inte alls bra", 5 = "Mycket bra"

1 2 3 4 5

9. Utförs tester av larm och utrymningsövningar?

JA NEJ

Om ja,

Hur ofta?

10. Förekommer det att utrymningsvägar blockeras eller ställs upp?

JA NEJ

Om ja,

Ge gärna ett exempel:

11. Övrigt, (några synpunkter som ni har angående brandsäkerheten)

Tack för er medverkan!

Munzur, Viktor, Håkan och Henrik

Bilaga E

Pathfinder

I Tabell 31 nedan redovisas värden för de ingående parametrarna till axelbredd och gånghastighet (Korhonen & Hostikka, 2010).

Tabell 31. Axelbredd och hastighet för persontyper som användes vid utrymningssimuleringar i Pathfinder.

Persontyp	Axelbredd [m]	Gånghastighet [m/s]
Vuxen	0,51 ± 0,07	1,25 ± 0,30
Barn	0,42 ± 0,03	0,90 ± 0,30
Äldre	0,50 ± 0,04	0,80 ± 0,30
Nedsatt rörelseförmåga	0,52 - 0,76	43-69 % av vuxnas medelhastighet

De värden som användes till fördelningen av personernas besluts- och reaktionstid presenteras nedan i Tabell 32.

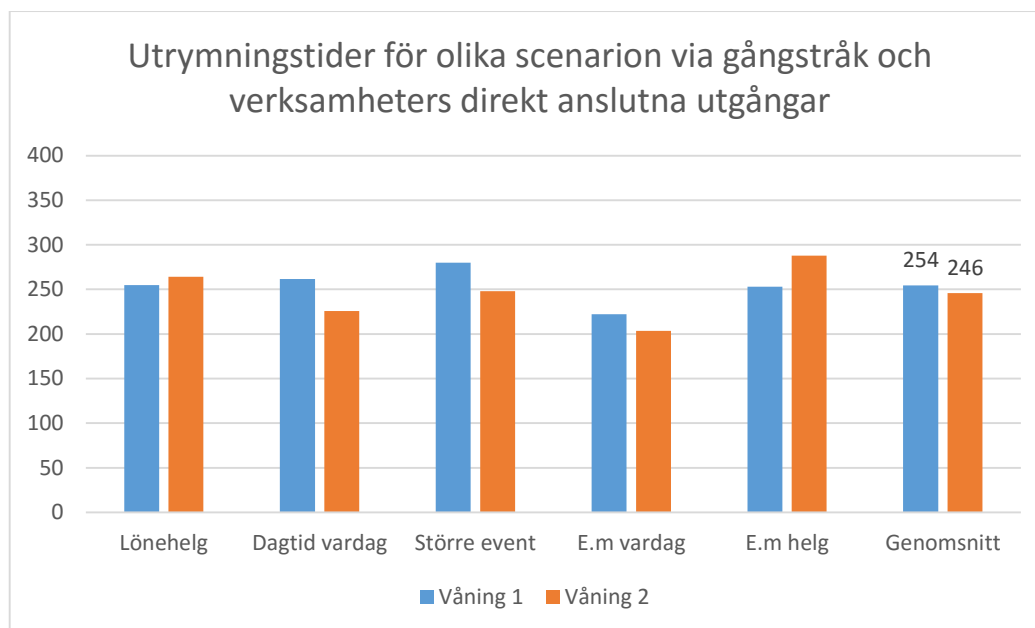
Tabell 32. Indata till Pathfinders inställning "Initial delay" som motsvarar tid för beslut och reaktion. Värden från Shields & Boyce (2000).

Log-normalfördelning av besluts- och reaktionstid	Tid [s]
Medel	25
Min	1
Max	55
Standardavvikelse	14

I Tabell 33 redovisas fem uppskattade fördelningar av persontyper för besökarna och vad för typ av scenario varje fördelning är tänkt att representera. Figur 64 visar utrymningstiderna för respektive scenario och våning samt genomsnittlig utrymningstid. Dessa scenarier genomfördes med verksamheternas bakre delar begränsade och med persontätheten 0,5 personer per kvadratmeter.

Tabell 33. Fem olika fördelningar över typ av besökare som användes initialt vid simulering i Pathfinder.

Persontyp	Andel [%]				
	Lönchelg	Dagtid vardag	Större event	E.m. vardag	E.m. helg
Barn < 18	30	10	70	25	45
Vuxna > 18	58	40	24	63	40
Äldre	10	45	5	10	10
Nedsatt rörelseförmåga	2	5	1	2	5



Figur 64. Utrymningstider med fokus på gångstråken för varje våning vid respektive fördelning, samt en genomsnittlig utrymningstid.

Till kommande simuleringar valdes fördelningen ”E.m. helg”.

Tabell 34 visar antal persontyper som placerats ut i simuleringarna utifrån fördelningen ”E.m. helg” och de två olika persontätheterna.

Tabell 34. Fördelning av persontyper och antal persontyper utifrån använd persontäthet och givet antal besökare. Fördelningen som användes var ”E.m. helg”

Persontyp	Andel [%]	Utifrån 0,5 st/m ² [st]	Utifrån 700 st totalt [st]
Barn	45	1665	315
Vuxna	40	1478	280
Äldre	10	370	70
Nedsatt rörelseförmåga	5	185	35
		3698	700

Det genomfördes simuleringar för att undersöka hur placeringen av den fiktiva linjen som användes för att avgränsa verksamheterna påverkade utrymningstiden. Tabell 35 nedan visar att skillnaden mellan försöken var cirka 13 sekunder.

Tabell 35. Simuleringar där olika andelar av verksamheterna haft möjlighet till att välja den bakre utgången eller huvudingången. I simuleringen användes 0,5 p/ m².

Andel i som kunnat välja bakre eller huvudingångar	Tid för utrymning exkl. detektionstid [s]
Större	324
Mindre	311

Bilaga F

Test av sprinklerbulber

I denna bilaga redovisas beräkningsgång samt resultat för utförd sprinklerlaboration där aktiveringstid för olika bulbtjocklekar samt placering av sprinklerhuvud testats.

De uppmätta värdena i Tabell 36 gäller för sprinklerbulber med aktiveringstemperatur 341 K, en vindhastighet på 2,56 m/s, luftströmstemperatur på 470 K och omgivningstemperaturen 293 K.

Tabell 36. Resultat från utförda tester av sprinklerbulbernas aktiveringstider.

Riktning	Aktiveringstid för respektive sprinklerbulb [s]			
	Smal bulb		Tjock bulb	
Mot	8	9	17	18
Från	15	14	26	29

Med hjälp av aktiveringstiderna, uppmätt vindhastighet, samt en temperatur på luftströmmen kunde RTI beräknas för varje test. Detta gjordes med ekvation 7:

Ekvation 7:

$$RTI = - \frac{t * v^{1/2}}{\ln \left(\frac{T_g - T_d}{T_g - T_0} \right)}$$

Där

RTI	Response Time Index	[(ms) ^{1/2}]
t	Aktiveringstid för sprinklerbulben	[s]
v	Strömmande luftens hastighet	[m/s]
T _g	Strömmande luftens temperatur	[K]
T _d	Sprinklerbulbens aktiveringstemperatur	[K]
T ₀	Omgivningstemperatur	[K]

Sprinklerbulbernas RTI-värden redovisas i Tabell 37.

Tabell 37. RTI-värden som erhålls från sprinklerlaborationen.

Riktning	RTI-värden för respektive sprinklerbulb [(ms) ^{1/2}]			
	Smal bulb		Tjock bulb	
Mot	40	46	86	91
Från	75	71	132	147

Till simuleringar i Argos valdes det högre värdet för bulbernas RTI-värden, riktningen ”från”.

Bilaga G

Handberäkning av detektion

Enligt Frantzich och Olsson (1991) kan detektionstiden för rökdetektorer beräknas enligt ekvation 8 nedan:

Ekvation 8:
$$t_{\text{det}} = 21,8\alpha^{-0,31}H^{0,34}$$

Där

t_{det}	Tid till detektion för automatiskt brandlarm	[s]
α	Brandens tillväxthastighet	[kW/s ²]
H	Takhöjd	[m]

I Tabell 38 redovisas resultat från handberäkningar för detektionstider för de två scenarierna med rökdetektorer.

Tabell 38. Handberäkning av detektionstid för rökdetektorer i brandscenerierna.

Parameter	Enhet	Gina Tricot	Teknikmagasinet
α	[kW/s ²]	0,12	0,19
H	[m]	3	3
t_{det}	[s]	61	53

Bilaga H

Argos

Denna bilaga redovisar indata för brandtekniska installationer, uppbyggnad av geometri och skapade bränder för respektive simulerat brandscenario i Argos.

För varje brandscenario användes indata för sprinkler i rummet där branden startade. Indata för sprinkler i respektive brandscenario redovisas i Tabell 39.

Tabell 39. Redovisning av indata för simulering av sprinkler i respektive brandscenario.

Parameter	Enhet	Meriot	Gina Tricot	Teknikmagasinet
Aktiveringstemperatur	[°C]	68	68	68
RTI	[(m*s) ^{1/2}]	75	75	147
C	[(m*s) ^{1/2}]	0,5	0,5	1,0
Avstånd mellan sprinkler	[m]	3	3	3
Avstånd brand till sprinkler	[m]	2,12	2,12	2,12

I brandscenario 2 & 3 installerades även rökdetektorer, dessa sattes konservativt till en av Argos förinställda komponenter med lägsta rökkänsligheten 0,40 dB/m.

Meriot

Indata för geometrin i brandscenario 1, Meriot, redovisas i Tabell 40 nedan. Meriot delades upp i två rum benämnda Kassadel och Atrium.

Tabell 40. Indata för geometri i respektive rum för brandscenario 1.

Parameter	Enhet	Kassadel	Atrium
Area	[m ²]	17	287
Genomsnittshöjd	[m]	3	13
Perimeter	[m]	8	25
Längd på vägg mot atrium/kassadel	[m]	11	11
Längd på vägg mot omgivning	[m]	9	100

Till atriet lades en öppning in som kopplades till kassadelen, samt ytterligare tre mot gångstråken, vilka redovisas i Tabell 41.

Tabell 41. Indata för öppningar till omgivning och mellan simulerade rum för brandscenario 1.

Parameter	Enhet	Kassadel - Atrium	Atrium - gångstråk
Antal	[st]	1	3
Bredd	[m]	11	5
Höjd	[m]	1,1	13
Höjd ovanför golv	[m]	1,2	0

Brand

Två bränder med olika tillväxthastigheter, 0,032 respektive 0,047 kW/s², och en maxeffekt på 5,5 MW skapades utifrån Argos ”solid fire”. Respektive indata anpassades för att få fram en motsvarande effektkurva enligt handberäkningarna. Ett föremål där branden startade med måtten (0,8 x 0,8 x 0,8) meter placerades in för att motsvara ett brinnande skåp.

Figur 65 och 66 redovisar indata för branden med tillväxthastigheten 0,032 kW/s² respektive 0,047 kW/s².

Overview | General

Name: Meriot 5,5 MW 32

Horizontal fire spread [m/min]: 0,11

Max. heat release rate [MW/m²]: 10,10

Local burn-out time [min]: 12,70

Initial flame height [m]: 1,00

Vertical doubling time [min]: 1,00

Optical smoke potential [dB/m]: 8,7

CO potential: 0,0

CO₂ potential: 0,0

Other toxic potential: 0,0

Radiation fraction: 0,35

Physical dimensions of stock:

Height [m]: 0,80

Width [m]: 0,80

Length [m]: 0,80

Figur 65. Indata för skapad brand med tillväxthastighet 0,032 kW/s² för brandscenario 1.

Overview | General

Name: Meriot 5,5 MW 47

Horizontal fire spread [m/min]: 0,14

Max. heat release rate [MW/m²]: 10,10

Local burn-out time [min]: 12,70

Initial flame height [m]: 1,00

Vertical doubling time [min]: 1,00

Optical smoke potential [dB/m]: 8,7

CO potential: 0,0

CO₂ potential: 0,0

Other toxic potential: 0,0

Radiation fraction: 0,35

Physical dimensions of stock:

Height [m]: 0,80

Width [m]: 0,80

Length [m]: 0,80

Figur 66. Indata för skapad brand med tillväxthastighet 0,047 kW/s² för brandscenario 1.

Gina Tricot

Indata för geometrin i brandscenario 2, Gina Tricot, redovisas i Tabell 42 nedan. Gina Tricot delades upp i två rum benämnda Butik och Gångstråk.

Tabell 42. Indata för geometri i respektive rum för brandscenario 2.

Parameter	Enhet	Butik	Gångstråk
Area	[m ²]	647	195
Genomsnittshöjd	[m]	3	10
Perimeter	[m]	44	40
Längd på vägg mot atrium/gångstråk	[m]	14	14
Längd på vägg mot omgivning	[m]	111	87

Tabell 43 redovisar öppningar som lades i samt mellan varje rum. Med Butik – omgivning menas den utgång i butiken som leder direkt ut till det fria. Omgivning 1 (omg 1) motsvarar den del av gångstråket som leder vidare in i Gallerian och Omgivning 2 (omg 2) motsvarar utgång B.

Tabell 43. Indata för öppningar till gångstråk, omgivning och mellan simulerade rum för brandscenario 2.

Parameter	Enhet	Butik – omgivning	Butik – Gångstråk	Gångstråk – omg 1	Gångstråk – omg 2
Antal	[st]	1	2	1	2
Bredd	[m]	3,5	5	5	1,2
Höjd	[m]	2,4	3	10	2,2
Höjd ovanför golv	[m]	0	0	0	0

Brand

Två bränder med olika tillväxthastigheter, 0,12 respektive 0,19 kW/s², och en maxeffekt på 5,5 MW skapades utifrån Argos ”solid fire”. Respektive indata anpassades för att få fram en motsvarande effektkurva enligt handberäkningarna. Ett startföremål med måtten (1,6 x 1,6 x 1,6) meter placerades in som brinnande föremål för att motsvara ett klädställ fyllt med kläder.

Figur 67 och 68 redovisar indata för branden med tillväxthastigheten $0,12 \text{ kW/s}^2$ respektive $0,19 \text{ kW/s}^2$.

Overview General

Name:

Horizontal fire spread [m/min]:

Max. heat release rate [MW/m²]:

Local burn-out time [min]:

Initial flame height [m]:

Vertical doubling time [min]:

Optical smoke potential [dB/m]:

CO potential:

CO₂ potential:

Other toxic potential:

Radiation fraction:

Physical dimensions of stock

Height [m]:

Width [m]:

Length [m]:

Figur 67. Indata för skapad brand med tillväxthastighet $0,12 \text{ kW/s}^2$ för brandscenario 2.

Overview General

Name:

Horizontal fire spread [m/min]:

Max. heat release rate [MW/m²]:

Local burn-out time [min]:

Initial flame height [m]:

Vertical doubling time [min]:

Optical smoke potential [dB/m]:

CO potential:

CO₂ potential:

Other toxic potential:

Radiation fraction:

Physical dimensions of stock

Height [m]:

Width [m]:

Length [m]:

Figur 68. Indata för skapad brand med tillväxthastighet $0,19 \text{ kW/s}^2$ för brandscenario 2.

Teknikmagasinet

Indata för geometrin i brandscenario 3, Teknikmagasinet, redovisas i tabell nedan, se Tabell 44. Teknikmagasinet delades upp i tre rum benämnda Butik, Gångstråk 1 och Gångstråk 2. I nedanstående tabeller presenteras Gångstråk del 1 & 2 som G1 och G2

Tabell 44. Indata för geometri i respektive rum för brandscenario 3.

Parameter	Enhet	Butik	G1	G2
Area	[m ²]	68	50	50
Genomsnittshöjd	[m]	2,5	3	3
Perimeter	[m]	10	13	13
Längd på vägg mellan G1/butik	[m]	12	12	-
Längd på vägg mellan G2/butik	[m]	10	-	10
Längd på vägg mellan G1/G2	[m]	-	4	4
Längd på vägg till omgivning	[m]	18	70	21

Öppningar mot respektive rum presenteras i Tabell 45.

Tabell 45. Indata för öppningar till omgivning och mellan simulerade rum för brandscenario 3.

Parameter	Enhet	Butik - G1	G1 - omgivning	G1 - G2	G2 - omgivning
Antal	[st]	1	2	1	1
Bredd	[m]	5,3	4	4	4
Höjd	[m]	2,3	3	3	3
Höjd ovanför golv	[m]	0	0	0	0

Brand

Två bränder med olika tillväxthastigheter, 0,051 respektive 0,080 kW/s², och en maxeffekt på 5 MW skapades utifrån Argos ”solid fire”. Respektive indata anpassades för att få fram en motsvarande effektkurva enligt handberäkningarna. Ett startföremål med måtten (1,5 x 1,0 x 1,0) meter placerades in som brinnande föremål för att motsvara en hög med varor på golvet.

Figur 69 och 70 redovisar indata för branden med tillväxthastigheten 0,051 kW/s² respektive 0,080 kW/s².

Overview **General**

Name:

Horizontal fire spread [m/min]:

Max. heat release rate [MW/m²]:

Local burn-out time [min]:

Initial flame height [m]:

Vertical doubling time [min]:

Optical smoke potential [dB/m]:

CO potential:

CO₂ potential:

Other toxic potential:

Radiation fraction:

Physical dimensions of stock:

Height [m]:

Width [m]:

Length [m]:

Figur 69. Indata för skapad brand med tillväxthastighet 0,051 kW/s² för brandscenario 3.

Overview **General**

Name:

Horizontal fire spread [m/min]:

Max. heat release rate [MW/m²]:

Local burn-out time [min]:

Initial flame height [m]:

Vertical doubling time [min]:

Optical smoke potential [dB/m]:

CO potential:

CO₂ potential:

Other toxic potential:

Radiation fraction:

Physical dimensions of stock:

Height [m]:

Width [m]:

Length [m]:

Figur 70. Indata för skapad brand med tillväxthastighet 0,080 kW/s² för brandscenario 3.