

BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING AV PUNKT GALLERIA

2017

Rapport 9505

Hanna Eklöf
Johanna Hammarberg
Torbjörn Neckfors
Joar Persson



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Brandteknisk riskvärdering av Punkt galleria, Västerås

Författare:

Hanna Eklöf

Johanna Hammarberg

Torbjörn Neckfors

Joar Persson

Handledare:

Dan Madsen

Lund 2017

Följande rapport är framtagen i undervisningssyfte. 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/Titel

Brandteknisk riskvärdering av Punkt galleria/Fire safety evaluation of the mall Punkt.

Rapport nr/Report nr

9505

Författare/Authors

Hanna Eklöf, Johanna Hammarberg, Torbjörn Neckfors, Joar Persson

Brandingenjörprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2017

Fire Safety Engineering Program, Lund University Faculty of Engineering, 2017

©Copyright Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2016

Antal sidor/Number of pages

127 (inklusive bilagor/including appendix)

Sökord

Brandteknisk riskvärdering, brand, utrymning, brandsäkerhet, köpcentrum, simulering, personsäkerhet.

Keywords

Fire safety evaluation, fire, evacuation, Pathfinder, Fire Dynamics Simulation, mall.

Språk/Language

Svenska/Swedish

Avdelningen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
www.brand.lth.se
Telefon 046 - 222 73 60
E-postadress: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund, Sweden
www.brand.lth.se
Telephone: +46 46 222 73 60
E-mail: brand@brand.lth.se

Förord

Författarna i denna rapport vill tacka följande personer för värdefull hjälp och stöd under arbetets gång.

Dan Madsen

Doktorand vid avdelningen Brandteknik vid LTH, tillika gruppens handledare. Tack för stöd och vägledning under projektets gång.

Petri Isoaho

Anläggningsansvarig för Punkt. För hjälp under besöket och rundvandring i gallerian.

Johan Hallencreutz

VD på Fire AB. Hjälp vid besöket, frågor och vår kontaktperson för Punkt.

Erika Lövström

Brandingenjör på Fire AB. Hjälp efter besöket med bilder och måttagning i Punkt.

Jonathan Wahlqvist

Doktorand vid avdelningen Brandteknik vid LTH. För kontinuerlig kontakt för simulering i FDS.

Enrico Ronchi

Universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik vid LTH. För hjälp med utrymningssimulering i Pathfinder.

Sammanfattning

Rapporten är en brandteknisk riskvärdering av gallerian Punkt i Västerås. Riskvärderingen är huvudmomentet i kursen Brandteknisk Riskvärdering på Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.

Punkt är en del av en 9 våningar hög byggnad, och ligger på våning 3-3,5. Riskvärderingen avgränsas till galleriadelen som ligger på våning 3, och fokuserar på personsäkerhet vid utrymning via gångstråket i händelse av brand. Kriterierna som undersöks då personsäkerheten granskas är brandgaslagrets höjd, värmestrålning mot person, siktbarhet, toxicitet och temperatur.

Flera scenarier identifierades under ett platsbesök som gjordes i början av projektet, men endast tre valdes ut som dimensionerande. Målet är att eventuella risker mot personsäkerheten åtgärdas till en godkänd nivå. För att uppnå detta krävs vissa åtgärder.

I huvudgångstråket vid restaurang Chantal's identifierades en risk att juldekoration som placeras under juletiden fattar eld. Scenariot syftade till att undersöka om personsäkerheten uppfylls vid utrymning vid händelse av brand i gångstråket. För scenariot antogs branden starta i en julgran bestående av PVC och tillhörande juldekoration. Det uppnåddes endast kritiska nivåer angående koncentrationen saltsyra (HCl) som bildas vid förbränning av PVC. Åtgärdsförslaget för detta blev därmed att material innehållandes PVC eller annat material som bildar toxiska ämnen *bör* beaktas.

På Espresso House identifierades en risk att personer på övervåningen hindras från att utrymma då en brand startar vid trappans fot. Scenariot undersöktes och både brandgaslagrets höjd och värmestrålning mot person uppnådde oacceptabla nivåer. Åtgärdsförslaget var att byta ut mängden brännbart material i möbelgruppen, men slutsatsen drogs att möbelgruppen ska tas bort helt och hållet. Detta på grund av att värmen från strålningen är väldigt beroende av avstånd, och det räcker med att en av möblerna hamnar närmre trappan för att skapa kritiska förhållanden. Dessutom ska golvarean i utrymnet på övervåningen minskas till 25 m² för att slippa kravet på utrymningsväg.

I klädbutiken New Yorker identifierades en risk för att personer hindras från att utrymma på grund av hur ett par klädstänger var placerade. Scenariot undersöktes och det kunde visas att inga parametrar uppnådde kritiska nivåer.

Då åtgärder förslagits, undersöktes och godkänts utfördes en känslighetsanalys för att ta reda på hur mycket marginal som finns innan personer utsätts för kritiska förhållanden vid brand. På Espresso House ökades bränslepaketet, och scenariot klarade ökningen utan risk för personer. I New Yorker flyttades branden till mitten av den smala gången. Det kunde visas att personsäkerheten hotades av förändringen, då värmestrålningen uppnådde den kritiska gränsen efter 80 sekunder. Angående Julgransscenariot dubblades effekten på branden, vilket resulterade i oacceptabla brandgashöjder.

Vid platsbesöket noterades även avvikelser från regelverket angående brandskydd. Det upptäcktes bland annat att det endast finns en utrymningsväg för personer med rörelsehindrande funktionsnedsättning och detta ansågs kräva ett åtgärdsförslag.

Punkt galleria anses generellt kunna motstå brand väl, ur ett personsäkerhetsperspektiv. Vissa åtgärder krävs dock för att helt säkerställa personsäkerheten:

- Möbelgruppen vid trappan i Espresso House *ska* tas bort.
- Dörren som benämns som reservutgång i Espresso House *ska* innefatta ny skyltning enligt standarden för en utrymningsväg.
- En avsats på 0,8 meter vid dörren i Espresso House till första trappsteg eller ramp *ska* införas.
- Butiken New Yorker *ska* se över sin placering av klädstänger. Det ska även finnas golvmarkeringar och instruktioner ska finnas i SBA angående produktplacering.

- Vägledande markering som innehåller en symbol för personer med nedsatt rörelseförmåga *ska* sättas upp vid Entré 1 för den utgång som är tillgänglig för rörelsehindrade.
- Reservkraften till nödbelysningen *ska* säkerställas.
- Golvarean på övervåningen i Espresso House *ska* minskas, exempelvis med en avskärmning eller en innervägg.

Följande åtgärder rekommenderas för att öka bufferten för personsäkerheten i lokalen.

- Frångänglig utrymningsväg *bör* finnas vid Entré 3 eller 4. Alternativt kan en utrymningsplats upprättas.
- Instruktioner *bör* finnas angående mängd brännbart material och dess placering i gångstråket.
- Material innehållandes PVC eller annat material som bildar toxiska ämnen *bör* beaktas.
- Dörren som benämns som reservutgång i Espresso House *bör* kompletteras med trappa eller ramp ut i det fria.
- Roterdörrarnas svårighet att öppna vid utrymning *bör* ses över.
- Butikernas SBA *bör* ses över och uppdateras med information angående innebörden av produkters placering i butiken.
- Butikerna *bör* aktivt arbeta med respektive SBA så att dess innehåll används.
- Butiken Intersport *bör* ha en utrymningsväg för övre delen av butiken.
- Gamla bulber i sprinklersystemet *bör* ses över.
- Brandgasspjäll i ventilationssystemet *bör* kontrolleras så att deras funktion kan säkerställas.
- Punkt galleria *bör* se över sina tillbud och förminska risken för dessa händelser.

Abstract

The following is a fire-safety-risk-assessment with the purpose of evaluating the safety of the shopping center Punkt in Västerås, Sweden. The risk assessment is an assignment in the course Brandteknisk Riskvärdering given at Lunds Tekniska Högskola, Lunds University, Sweden.

Punkt is a shopping center on floor 3 and 3.5 of a 9-story building. The assessment will focus on the possibility of safely evacuating the building in case of a fire, and limits itself to the part of the shopping mall situated on floor 3. The goal of the assessment is to identify flaws that pose a threat to persons evacuating the building. Additionally to identifying flaws, possible solutions will be proposed and investigated.

The parameters to investigate are the height of the smoke layer, heat radiation on persons, sight, toxicity and temperature. Levels were decided where the parameters are considered hazardous to health and safety of people evacuating Punkt.

During a visit to Punkt, a series of potentially dangerous scenarios were identified and compared. Three scenarios were chosen for deeper analysis, having been considered more hazardous than the rest.

In the café Espresso House, a scenario was identified where people on the upper floor were blocked off from evacuating due to a fire in a trashcan and furniture at the base of the stairs. After having analyzed the scenario, it could be determined that the layer of hot gases from the fire descended to unacceptable heights. Furthermore, it was established that the radiation from the flames to the stair reached hazardous levels. A solution was investigated where the fuel load was changed by replacing the furniture next to the trashcan. It could be shown that Espresso House can safely be evacuated after the change. However, should one of the pieces of furniture be moved closer to the stair, the radiation would again reach critical levels.

In the clothes store New Yorker, a scenario was identified where visitors were cut off from evacuation due to a clothes stand set aflame. The investigation resulted in no hazardous effects to health on visitors to the store.

A scenario in the main corridor of the shopping center was identified where Christmas decorations caught fire and blocked part of the evacuation routes, resulting in long distances of egress. Due to the size and heat radiation of the fire, it could be determined that the only available exit for movement-impaired persons was blocked off to people on the wrong side of the corridor. Aside from this the scenario results in no hazard to health for the duration of the simulation.

In addition to proposing and investigating possible corrections to the facility, a sensitivity analysis was conducted in order to evaluate the margin of safety the system provides. In Espresso House the fuel load was increased by an extra chair, which resulted no additional danger to visitors in its original placement. In New Yorker the width of the passage by the fire was decreased, which resulted in critical levels of heat radiation. In the main corridor, the effect of the fire was doubled, which led to hazardous levels of the hot gas layer.

Some conclusions drawn from the risk assessment are as follows:

- The furniture next to the trashcan in Espresso House must be removed altogether.
- An outdated sign in Espresso House must be brought up to date with the current standards.
- A platform must be installed by the door in Espresso House that requires new signage.
- The area of the floor in the upper part of Espresso House must be reduced to 25m² by for example screening part of the room off.

- New Yorker must include in their fire safety routines to ensure safe placement of their clothing racks.
- Exits for movement-impaired persons must include appropriate signage.
- Backup power for the emergency lighting in the building must be ensured.

The following adjustments are recommended to increase the margins of fire safety in regards to evacuation:

- Installation of a safe place for movement-impaired persons or a ramp on which to exit is recommended by Entrances 3 or 4 (east end).
- Instructions regarding the amount of combustible material and its placement in the main walkway.
- Restricting the amount of material containing PVC (and similar substances) in the building.
- Complementing a doorway in Espresso House with a ramp to make exiting easier.
- Ensuring functionality of the rotating doors in the entrances to the shopping center.
- Updating fire safety routines with information containing the importance of product placement in regards to fire safety.
- Ensuring that the fire safety routines are known and followed by employees in respective store.
- A safety escape route in the upper part of the store Intersport.
- Older sprinkler bulbs' functionality ensured.
- Functionality of fire dampers in the ventilation ducts investigated and ensured.
- The shopping center should investigate the possibility of increasing security against arson.

Nomenklaturlista

Q	Total energi som frigörs	[MJ]
\dot{Q}	Effektutveckling	[kW]
\dot{q}''	Infallande strålning	[kW/m ²]
t	Tid	[s]
t_{det}	Tid till detektion	[s]
α	Tillväxthastighet	[kW/s ²]
ΔH_C	Förbränningsentalpi	[MJ/kg]
A	Area	[m ²]
H	Höjd	[m]
ρ	Densitet	[kg/m ³]
c_p	Värmekapacitet	[J/kgK]
T	Temperatur	[K]
g	Gravitationskonstanten	[m/s ²]
D	Diameter	[m]
D^*	Karaktäristisk diameter	[m]
δx	Största sidan på kontrollvolym	[m]

Terminologi

BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd
BIV	Brandteknisk Ingenjörsvetenskap
FDS	Fire Dynamic Simulator
HHR	Heat Release Rate
HHRPUA	Heat Release Rate per Unit Area
LTH	Lunds Tekniska Högskola
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
RTI	Response Time Index
SBA	Systematiskt brandskyddsarbete
SFPE	The Society of Fire Protection Engineers
NFPA	National Fire Protection Association
IDLH	Immediate Danger to Life and Health (omedelbar fara för liv och hälsa)
FED	Fractional Effective Dose
IDA	Indikatorer, Data och Analys, MSBs statistiktjänst
PVC	Polyvinylklorid, typ av plast
PE	Polyeten, typ av plast
DETECT-T2	Detector Actuation t ² -kurva. Verktyg för beräkning av sprinkler- och rökdetektoraktivering

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
Bakgrund.....	1
Syfte.....	1
Mål.....	1
Avgränsning.....	1
Skyddsmål.....	1
2. Metod	3
3. Objektbeskrivning.....	5
Allmänt	5
Byggnadens utformning.....	5
Verksamhet	6
4. Befintligt brandskydd.....	9
Brandcellsindelning	9
Sprinkler.....	9
Brand och utrymningslarm	9
Brandgasventilering	9
Utrymning.....	9
Räddningstjänst.....	10
Systematiskt brandskyddsarbete	10
5. Regelverk kopplade till brandskydd	11
Lagen om skydd mot olyckor.....	11
Boverkets byggregler	11
6. Teori.....	13
Utrymning.....	13
Sprinkleraktivering	14
Kriterier.....	14
Datorverktyg	16
Handberäkningar.....	17
7. Riskidentifiering	21
Statistik	21
Identifierade brister kopplade till regelverket.....	22
Brandscenarier	27
Riskmatris	31
Utvärdering av brandscenarier	31
8. Vidareanalys av scenarier	33
Scenario 1 - Julgran i gångstråk.....	33

Scenario 2 - Espresso house.....	47
Scenario 3 - New Yorker	57
Tillägg för scenario	63
9. Känslighetsanalys	67
Julgran i gångstråk	67
Espresso house	73
New Yorker.....	75
10. Diskussion.....	77
Allmän diskussion.....	77
Scenariodiskussion.....	78
11. Slutsats	83
Förslag på åtgärder som ska genomföras	83
Förslag på åtgärder som bör genomföras	83
12. Referenser	85

1. Inledning

Gallerior är ofta komplexa byggnader där det befinner sig mycket människor. Vid ett bristfälligt brandskydd kan brand leda till stora konsekvenser för personsäkerheten. Det är därför av yttersta vikt att från byggstart, vid tillbyggnationer och vid ändring av befintlig byggnad utföra brandtekniska riskvärderingar för att upprätthålla säkerheten för besökare och anställda. Det är dessutom ett lagkrav att uppfylla kraven för säkerhet med avseende på brand, då en byggnad upprättas eller ändras (Boverket, 2017).

Bakgrund

Brandteknisk riskvärdering har utförts och dokumenterats i en rapport. Rapporten ingår i kursen *Brandteknisk riskvärdering, VBR054*, som ges av Lunds Tekniska Högskola. Platsbesöket och rapporten har genomförts under våren 2017.

Syfte

Syftet är att utföra en brandteknisk riskvärdering för köpcentrumet Punkt, som är beläget i Västerås. Riskvärderingen har fokuserat på personsäkerheten med avseende på utrymning vid brand i köpcentrumet. Kunskaper från den aktuella kursen Brandteknisk riskvärdering samt tidigare lästa kurser har använts som stöd i arbetet.

Mål

Målet är att med hjälp av den brandtekniska riskvärderingen identifiera brandscenarier som kan vara bidragande till bristfällig personsäkerhet och försvårad utrymning. För brandscenarier som leder till att personer utsätts för kritiska förhållanden kommer eventuella åtgärdsförslag för att säkerställa personsäkerheten att presenteras.

Avgränsning

Avgränsningen av objektet är viktigt och en analyserande tankegång fördes. Prioritet lades på att försöka få med ytor där mycket människor vistas i objektet, för att kunna studera utrymningen och brandscenarier. Följaktligen bidrog detta till att avgränsningen görs genom att beakta butiker i direkt kontakt med gångstråket, samt tillhörande övre eller undre plan för dessa butiker. Endast utrymning via gångstråket och direkt ut i det fria beaktas, alltså utelämnas exempelvis utrymningskorridoren längs södra sidan. Detta för att personer i okänd miljö kan förväntas utrymma samma väg som de kom in (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000). Avgränsningen gjordes genom samråd med handledare Dan Madsen från LTH och Johan Hallencreutz. En bild på avgränsningen visas i Figur 2.

Skyddsmål

Skyddsmålet i riskvärderingen definieras som att människor som befinner sig inom den avgränsande delen av gallerian skall kunna utrymma till det fria på ett säkert sätt utan att utsättas för kritiska förhållanden.

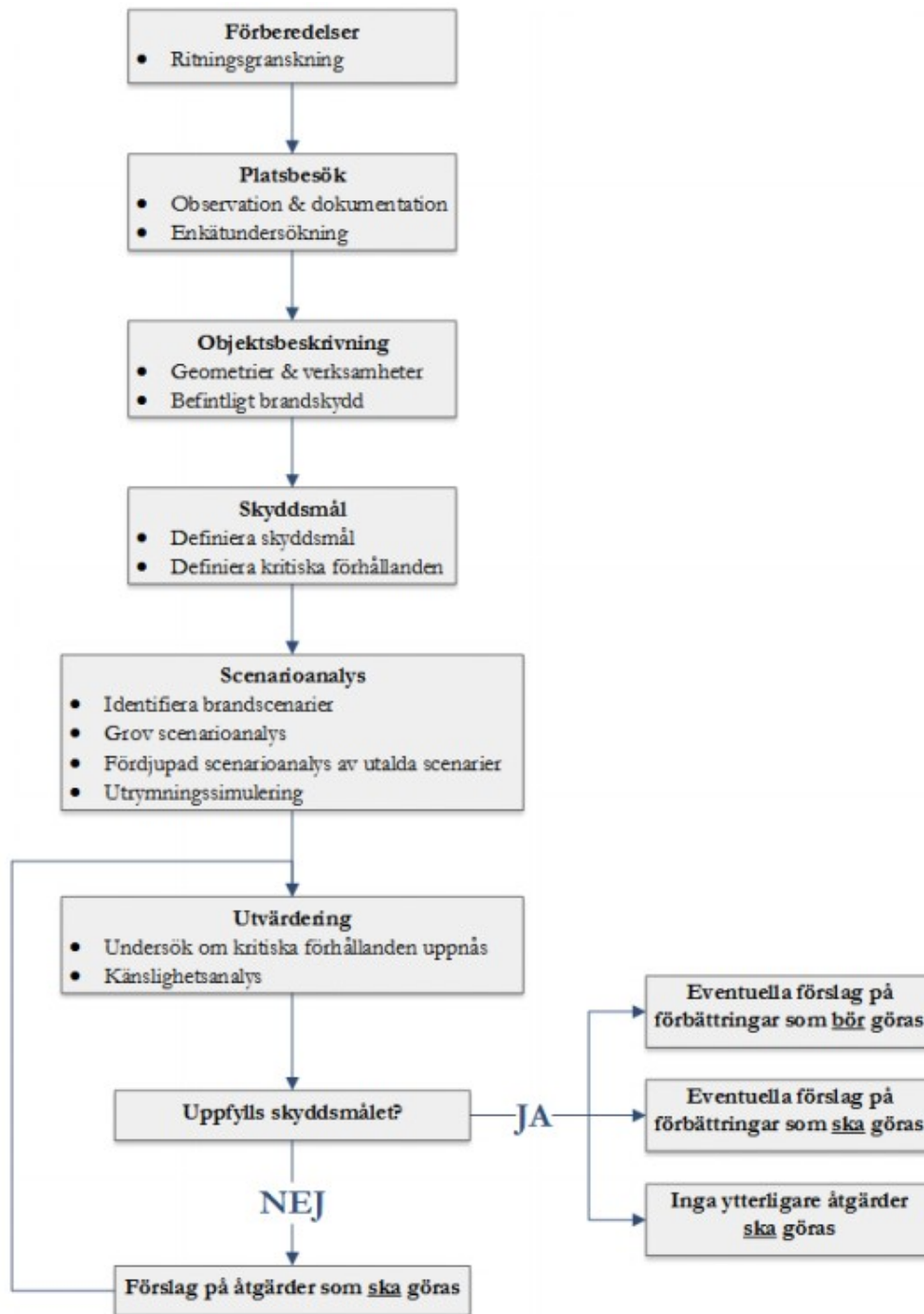
2. Metod

Innan platsbesöket på objektet genomfördes en del förarbete för att vara så förberedda som möjligt inför besöket. Ritningar, tidigare brandskyddsdocumentation av objektet och liknande dokument studerades. Kommunikation och vägledning med både handledaren från LTH och kontaktperson på Fire AB skedde parallellt.

Besök på objektet utfördes 13 februari på Punkt i Västerås. Närvarande vid besöket var samtliga gruppmedlemmar, handledare från LTH, kontaktperson från Fire AB och anläggningsansvarig för fastigheten, Petri Isoaho. Besöket skedde under en tidsperiod på cirka 4 timmar. Under besöket insamlades ett så komplett underlag som möjligt för att kunna utföra rapporten på ett så tillfredställande sätt som möjligt. Dokumentation genomfördes av potentiella brandscenarier, befintligt brandskydd, dimensioner och geometrier, utrymningsmöjligheter och enkätundersökningar.

När besöket var gjort påbörjades en sammanställning av det insamlade materialet och vidare diskussioner om besöket fördes för att strukturera arbetet. Därefter påbörjades arbetets riskidentifiering genom en grovanalys av potentiella brandscenarier. Efter en kvalitativ diskussion, en kvantitativ värdering samt en riskmatris valdes 3 dimensionerande scenarier att gå vidare med, för vidare analys med avseende på brandförlopp och utrymning. Detta gjordes genom att jämföra framtagna handberäkningar och simuleringar, med de kritiska förhållandena för utrymning. En känslighetsanalys utfördes därefter för att undersöka marginalen för personsäkerheten vid utrymning. Därefter fördes en diskussion om åtgärder baserat på de dimensionerande scenarierna där utrymningen inte var tillfredställande. Slutligen analyserades åtgärderna för att personsäkerheten skulle kunna säkerställas. Figur 1 beskriver hur metodiken genomfördes.

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria



Figur 1: Arbetsgångens upplägg.

3. Objektbeskrivning

I detta kapitel följer en allmän beskrivning av objektet Punkt galleria i Västerås. Det innehåller även en beskrivning av byggnadens utformning och om vilka verksamheter som bedrivs där.

Allmänt

Köpcentret Punkt i centrala Västerås invigdes 1969 (VLT, 2012). Byggnaden bestod då av nio våningar men ytterligare en våning med tillhörande entresol har byggts till senare. 8 våningar ligger ovan mark och två under markplan. Köpcentrumet Punkt har butiker på plan 2-3,5 med lager på plan 1. Våning 4-8 utgör parkeringsplatser, och plan 9-10 är gym, lekland och yta för utställning/mässa. Byggnaden avser byggnadsklass 1, Br1, enligt BBR (Boverket, 2017).

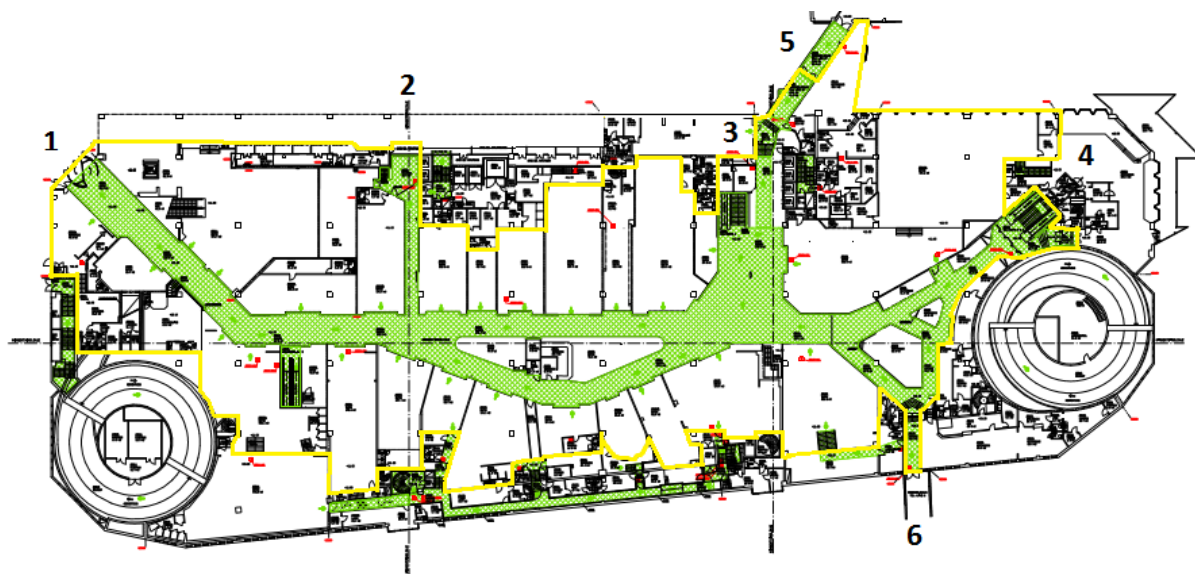
Byggnadens utformning

Köpcentrumet Punkt i byggnaden består av cirka 30 stycken lokaler. Byggnadens brandlarmscentral ligger i ett trapphus på byggnadens norra sida. Punkts lokaler befinner sig på plan 2 (delvis under markplan, delvis markplan), plan 3 (delvis markplan, delvis en våning över markplan), plan 3,5 (en våning över markplan). Alla butiker kan nås från gångstråket som befinner sig på plan 3.

Det finns sex olika ingångar till köpcentrumet som presenteras i Figur 2. Fyra entréer kan nås direkt från gatan, vilket är Entré 1, 2, 3 och 4. Ingång 5 och 6 är förbindelsegångar från andra byggnader intill köpcentrumet och nås med trappor. Endast Entré 1 är tillgänglig för rullstolar utan hjälpmedel och vid Entré 3 finns hissar till hjälp för rörelsehindrade. Dock är hissarna ej i funktion vid brand vilket betyder att endast Entré 1 är frångänglig för rörelsehindrade. På andra sidan vägen ligger ytterligare ett köpcentrum vid namn Gallerian som kan nås från plan 3,5 via ingång 5. Från parkeringsdäck nås även köpcentrumet med hissar eller trapphus vid Entré 2 och 3. Entré 1, 3 och 4 har utgångar med roterdörr och gångdörr medan Entré 2 endast har en gångdörr. Gångstråket har en takhöjd på cirka 4 meter.

Punkt har en utrymningskorridor bakom butikerna på den ena långsidan som ligger på den södra sidan av byggnaden. Butiker som har utrymningsvägar till denna korridor är MQ, Kicks, Albrekts Guld, Guldfynd, Esprit och Baresso. Från utrymningskorridoren finns det sedan två möjligheter till utrymning i det fria, antingen genom ett trapphus som ligger mellan Newport Home Interiors och Kicks eller en dörr ut i det fria som nås genom ett trapphus som är placerad vid Esprit.

Figuren nedan visar en översiktsbild för köpcentrumet Punkt på plan 3. En avgränsning på de områden som studeras i rapporten presenteras även med en linjerad markering. Avgränsningarna förklaras noggrannare i kapitel 1, Inledning.



Figur 2: Översiktsbild och avgränsning av butiker som har kontakt med gångstråket på plan 3. Utgångar är markerade med siffror 1-6.

Verksamhet

Punkt består av 27 butikslokaler och 5 restauranger/caféer som har olika typer av försäljningsverksamheter, exempelvis kläder, heminredning, skönhets- och hudvårdsprodukter, frisörsalonger, elektronik och sportartiklar. Vid besöket, den 13 februari 2017, var två butiker stängda och detta sannolikt på grund av renovering eller butiksbyte. Deras verksamhet kunde därför inte bestämmas. Tabell 1 listar Punkts olika lokaler och dess försäljningsverksamheter.

Tabell 1: Beskrivning över Punkts lokaler och deras verksamheter.

Lokalens namn	Verksamhet
3	Mobil- och IT-butik
Accent	Väsk- & accessoarbutik
Albrekts Guld	Smyckesbutik
Baresso	Skönhets- och hudvårdsbutik
Cervera	Heminredning- och köksredskapsbutik
Esprit	Klädbutik
Gallerix	Posters- och rambutik
Glitter	Accessoarer och smyckesbutik
Guldfynd	Smyckesbutik
Guts	Klädbutik
Hemtex	Textiler och heminredningsbutik
Hårpunkten	Frisörsalong
Hårklippet	Frisörsalong
Intersport	Sport- och klädbutik
Kicks	Skönhets- och hudvårdsbutik
Miss Me	Klädbutik
MStore	Mobil och IT-butik
MQ	Klädbutik
Newport Home Interiors	Heminredningsbutik
New Yorker	Klädbutik
Ost, chark och deli	Livsmedelsbutik
Skohuset	Skobutik
Tele-Experten	Mobil och IT-butik

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

The Body Shop	Skönhets- och hudvårdsbutik
Espresso House	Café
All Star	Restaurang
Ante's	Restaurang
Chantal's	Café
Ruffino	Restaurang

4. Befintligt brandskydd

Följande kapitel är en beskrivning av det brandskydd som finns i de undersökta utrymmena. De aspekter som behandlas är brandcellernas indelning, sprinkler, brandlarm, brandvarnare, ventilering, utrymning, frångänglighet, räddningstjänstens möjligheter till insats samt SBA.

Brandcellsindelning

Punkt har generellt brandcellsindelning mellan våningsplanen och därmed utgör varje plan en egen brandcell. Noterbart är att enstaka butiker har både ovan- och nedanvåning vilket leder till att brandcellen för den delen där dessa butiker finns utgörs av två våningsplan.

Sprinkler

Köpcenter Punkt är generellt försedd med sprinkler med röd vätska, 68 °C och RTI-värde <50 (Fire and Risk Engineering, Nordic AB, 2012). Det finns olika utformningar på bulberna, exempelvis i butiken Hemtex och på entresolplanet 3,5. I Hemtex sitter de ursprungliga smältblecken från sprinklersystemets installation, medan på entresolplan 3,5 sitter det tjockare bulber av den röda typen med en aktiveringstemperatur på 68 °C. Eftersom de bulberna är tjockare har de senare aktiveringstid, men är inventerade och godkända (Fire and Risk Engineering, Nordic AB, 2012). RTI-värdet för sprinkler bör högst vara 50 för att kunna tillgodoräkna längre gångavstånd (Fire AB, 2008).

Brand och utrymningslarm

Utrymningslarmet är automatiskt och utformat som ett enkelt talat larm som uppmanar besökare och personal att utrymma. Rökdetektionssystemet larmar SOS om brand via en brandlarmscentral placerad i ett av trapphusen.

Utrymningslarmet provkörs varje år och sker då tidigt på morgonen innan verksamheten startar. Rökdetektionen besiktigas varje år. Då testas 10-20 % av detektorerna enligt ett system. Alla rökdetektorer kommer därmed att bli testade på en period av 5-10 år. Dessutom ses detektorerna över i anslutning till ombyggnationer och dylikt. Det utförs även ett signaltest varje månad, där brandlarmscentralen skickar provsignaler till SOS som kontrollerar mottagningen.

Möjlighet till kommunikation via högtalarsystemet finns. Vid brandlarmscentralen sitter en mikrofon kopplad till högtalarsystemet på plan 9, mikrofonen till lokalerna för köpcentrumet sitter på annan plats.

Brandgasventilering

Byggnaden är inte försedd med något ventilationssystem anpassat för brand. Ventilationen i Punkt består av tilluftsdon som är placerade i butikerna och gångstråket. Frånluftsdonen finns endast på två ställen, i butiken MQ, nära Entré 1 och i området på andra sidan köpcentrumet, nära Entré 4. Kapaciteten på ventilationen är okänd, men kan antas vara på komfortnivåer för de människor som vistas i Punkt. Frånluftsdonen har en yta på cirka 2,5*0,5 m².

Ventilationskanalerna mellan brandcellsgränser är försedda med brandgasspjäll som ska stänga vid brand. Dessa är dock inte besiktigade sedan installationen eftersom de är av en smältblecksvariant och kan därmed inte kontrolleras (Isoaho, 2017).

Utrymning

Punkt har fyra olika entréer som går direkt ut till det fria vilket är Entré 1,2,3 och 4. Det finns även två entréer som har en gångbro till två andra byggnader som ligger på andra sidan av respektive gata. Punkt är tillgänglig för människor med funktionsnedsättning genom Entré 1 och 3 (Punkt & Gallerian, 2017). Frångänglighet för människor med rörelsehindrande funktionsnedsättning är endast befintlig vid Entré 1 då Entré 3 endast är tillgänglig med hiss som ej får användas vid händelse av brand.

Frångänglighet och tillgänglighet är två ord som behandlar samma område men har lite olika betydelser. Med tillgänglighet menas att alla människor ska kunna röra sig fritt, även de med någon form av funktionsnedsättning, till exempel att ha möjlighet att ta sig in i en publik lokal (Rikstermsbanken, 2017). Frångänglighet behandlar istället möjligheten för människor med någon form av funktionsnedsättning att ta sig ut ur en byggnad (MSB, Ej angivet). Personer med en rörelsehindrande funktionsnedsättning har därmed endast en tillgänglig utrymningsväg. För placering av Entré 1 och 3, se Figur 2.

Räddningstjänst

Vid händelse av brand larmas räddningstjänsten och SOS av brandlarmscentralen. Berörd behörig personal informeras även via SMS. Två väktare kontrollerar brandlarmscentralen och en möter sedan upp räddningstjänsten där medan den andra väktaren bistår i utrymningsprocessen. I trapphusen finns stigarledningar till räddningstjänstens förfogande. Utrymningsvägarna används som angreppspunkt.

Systematiskt brandskyddsarbete

Systematiskt brandskyddsarbete, SBA, är ett samlingsnamn för de åtgärder och övningar som utförs i en byggnad eller verksamhet för att förhindra uppkomst av och skada vid brand. Exempelvis görs systematisk inventering av brandvarnare, utbildningar samt utrymningsövningar. (MSB, 2017).

I Punkt galleria i Västerås finns generellt ett SBA som gäller för alla allmänna utrymmen såsom gångstråket, som fastighetsskötaren ansvarar för. När utrymningslarmet aktiveras ska verksamheterna tömma sina butiker på besökare, varpå personalen sedan stänger igen butikerna. Vissa verksamheter ansvarar dessutom för att bistå med personal i utrymningen vid närliggande utrymningsvägar ur köpcentrumet.

Butiker och restauranger ansvarar i övrigt för SBA i sin verksamhet och lokal. Det innebär att varje verksamhet har en egen SBA. Vid behov bistår anläggningsansvarige med ett framtaget SBA. Anläggningsansvarige (Isoaho, 2017) påpekade att det är viktigt att kontrollera SBA, då det kan variera i kvalitet bland de olika verksamheterna. Detta styrks av enkätundersökningen som visar att många butiksbiträden är obekanta med begreppet SBA. Enkätundersökningen lämnades ut till cirka 15 butiksbiträden men endast 5 stycken deltog, se Bilaga 1 – Enkätundersökning.

5. Regelverk kopplade till brandskydd

Detta kapitel behandlar regelverk kopplade till brandskydd som är av relevans till objektet.

Lagen om skydd mot olyckor

Enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor har den som äger en byggnad och den som bedriver verksamhet där, det yttersta ansvaret för sitt brandskydd. Detta innebär att i skäligen omfattning förebygga brand, hindra eller begränsa skador till följd av brand och även att hålla utrustning för livräddning vid brand. Det innebär bland annat att det bör bedrivas ett systematiskt brandskyddsarbete, så kallad SBA (MSB, 2017).

Boverkets byggregler

BBR står för Boverkets byggregler vilket innefattar allmänna råd och föreskrifter som finns för att uppfylla de lagstadgade kraven som behandlar brandskydd i byggnader. BBR har en kontinuerlig uppdatering och i denna rapport behandlas BBR där BFS 2011:6 ändrad t.o.m. BFS 2016:13. BBR gäller då man uppför och ändrar en byggnads verksamhet (Boverket, 2017). När de allmänna råden efterföljs används benämningen förenklad dimensionering och om de allmänna råden inte uppfylls utan föreskrifter verifieras på annat sätt benämns det istället som analytisk dimensionering. Nedan presenteras ett urval av de allmänna råd som ska följas vid förenklad dimensionering.

Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar

Enligt avsnitt 5:248 är utrymningsplats ett utrymme i angränsande brandcell som är placerad i anslutning till utrymningsväg där personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga kan avvakta fortsatt utrymning. Om utrymningsplatsen är placerad i anslutning till de utrymmen som betjänas av utrymningsvägen får den även vara en del av utrymningsvägen. Utrymningsplatsen ska kunna rymma personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga. Den ska vara belägen i samma plan som det utrymme som den betjänar och det ska finnas möjlighet till tvåvägskommunikation.

Möjlighet till utrymning vid brand

Enligt avsnitt 5:31 ska byggnader utformas så att det ges möjlighet till tillfredsställande utrymning vid brand. Avsnitt 5:321 anger att utrymmen där personer vistas mer än tillfälligt ska utformas med tillgång till minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Med oberoende utrymningsvägar menas att det ska vara ett avstånd på 5 meter mellan varandra. För mindre entresolplan krävs dock ingen utrymningsväg. Med mindre entresolplan menas att golvarean inte överstiger 25 m² eller 50% av bottenvåningens golvyta.

Avsnitt 5:331 behandlar gångavstånd till utrymningsväg. För verksamhetsklass 2B, som behandlar samlingslokaler och har automatiskt släcksystem är det maximala gångavståndet till närmsta utrymningsväg 40 meter. Om två av varandra oberoende utrymningsvägar sammanfaller med varandra ska den sträckan räknas två gånger den verkliga längden.

Avsnitt 5:334 avser utformning av utrymningsvägar där avstånd mellan en dörr till en trappa eller ramp bör vara minst 0,8 meter.

Enligt BBR, avsnitt 5:335 ska dörrar som ska användas för utrymning vara lätta att öppna och passera. Avsnitt 5:335 behandlar dörrar och roter- eller så kallade karuselldörrar som kan användas om det är fri passage med minsta bredd enligt 5:334, vilket är 1,20 meter för utrymningsvägar som betjänar fler än 150 personer. Roterdörrarna kan antingen öppnas automatiskt eller om det går att öppna dörren genom att trycka dörrbladen utåt.

Enligt avsnitt 5:336 i BBR krävs ingen utrymningsplats i publika lokaler som innehar automatiskt släcksystem.

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

Enligt avsnitt 5:34 ska det finnas vägledande markeringar i utrymmen som är svårorienterade. Där dessa krav på vägledande markering finns ska belysning eller genomlysning av vägledande markeringar ha säkerställd strömförsörjning motsvarande nödbelysning enligt avsnitt 5:343. Avsnitt 5:343 beskriver att utrymmen som föreskrivits nödbelysning ska även möjliggöra utrymning vid strömavbrott. För verksamhetsklass 2B ska skyltar eller liknande finnas i anslutning till de dörrar som är avsedda för utrymning. Skyltarna utformas som gröna skivor med tydliga vita symboler och ska lätt kunna uppmärksammas. Väg till tillgänglig och användbar utrymningsväg som leder till säker plats bör kompletteras med vägledande markering som innehåller en symbol för personer med nedsatt rörelseförmåga.

6. Teori

Detta avsnitt beskriver teorin kring utrymning, sprinkleraktivering och kriterier för att skyddsmålen ska uppnås. Det innehåller även de datorverktyg som har använts för beräkningarna i riskvärderingen.

Utrymning

Utrymning är en företeelse som sker under stress och fara. Människor påverkas och reagerar på olika sätt och det finns olika faktorer som påverkar utrymningsförloppet. Dessa olika faktorer presenteras i detta avsnitt.

Vid en brand ska de personer som befinner sig i närhet av branden kunna utrymma säkert. Det finns ett villkor som beskriver säker utrymning som innebär att det finns tillräckligt med tid för utrymning innan personerna kommer till skada. Villkoret måste uppfyllas i hela byggnaden och lyder enligt (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000):

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

Tillgänglig tid innebär den tid innan det uppstår kritiska förhållanden som innebär skada för de som utrymmer. Kritiska förhållanden kan till exempel vara exponering för värmestrålning, temperatur eller kritisk höjd av brandgaser.

Utrymningstid står för den tiden från att branden startar till att alla människor i byggnaden befinner sig i säkerhet. Olika faktorer kan påverka utrymningstiden. Dessa faktorer kan vara beroende på människors beteende och reaktion. Till exempel så reagerar människor olika på signaler och ljud. För att beskriva tiden till utrymning kan en persons olika beteendemönster delas upp i olika faktorer. Tid till utrymning presenteras i ekvationen nedan.

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

Tiden från att en brand startar tills att en person märker att det uppstått en brand kallas varseblivningstid. Denna tid är inte given på förhand utan tiden uppskattas eller bestäms utifrån hur personer blir medvetna av att en brand uppstått. Varseblivningstiden kan i vissa fall vara tiden till detektoraktivering. Tiden till detektoraktivering kan bestämmas av uträkning med hjälp av lokalens geometri, detektortyp och brandens storlek. För de fall då det inte finns automatiskt detektorlarm av branden kan den istället uppmärksammas av personen själv. Personen kan då se branden, känna lukt eller höra att det brinner.

Beslut och reaktionstid motsvarar den tid som det tar för personen att starta sin utrymning från att de uppmärksammas om brand genom exempelvis ett larm eller på annat sätt. Denna tid kännetecknas av osäkerhet hos personerna eftersom andra yttre faktorer påverkar personernas beslut. Till exempel kan det vara att försöka släcka branden eller rädda andra innan beslut tas att utrymma själv.

Förflyttning avser den tid det tar från starten av sin utrymning till att personen kommit till en säker plats. Detta kan räknas ut eller studeras genom att veta hur byggnaden ser ut, antalet personer i byggnaden och hur breda utrymningsvägarna är. Om mycket hinder finns i utrymningsvägen kan detta förorsaka en längre förflyttningstid (Frantzich, Varseblivningstid och reaktionstid vid utrymning. Sammanställning av enkätundersökning gällande för varuhus, restaurang och danslokal, 1993).

Olika reaktionstider och varseblivningstider har hittats med avseende på personer som besöker ett varuhus. Tiden att förflyttas studerades i datorprogrammet Pathfinder med exempelvis avseende på hinder och gångyta. I simuleringsprogrammet kunde hela tiden för utrymningen bestämmas och detta beskrivs mer ingående senare i rapporten.

Sprinkleraktivering

Sprinklersystem används för att begränsa en uppkommen brand. Det kan vara ett krav i lagar och förordningar för att en anläggning ska kunna utformas på ett visst sätt, eller bara som ett hjälpmedel i brandskyddet för att kunna skydda anläggningen på bästa sätt. Vid sprinkleraktivering så begränsas eller släcks branden (Särdqvist, Vatten och andra släckmedel, 2006). Något som är viktigt för brandförloppet är hur effektutvecklingen utvecklas efter sprinkleraktivering. I rapporten används Nysteds nedan angivna effektutveckling efter sprinkleraktivering (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011).

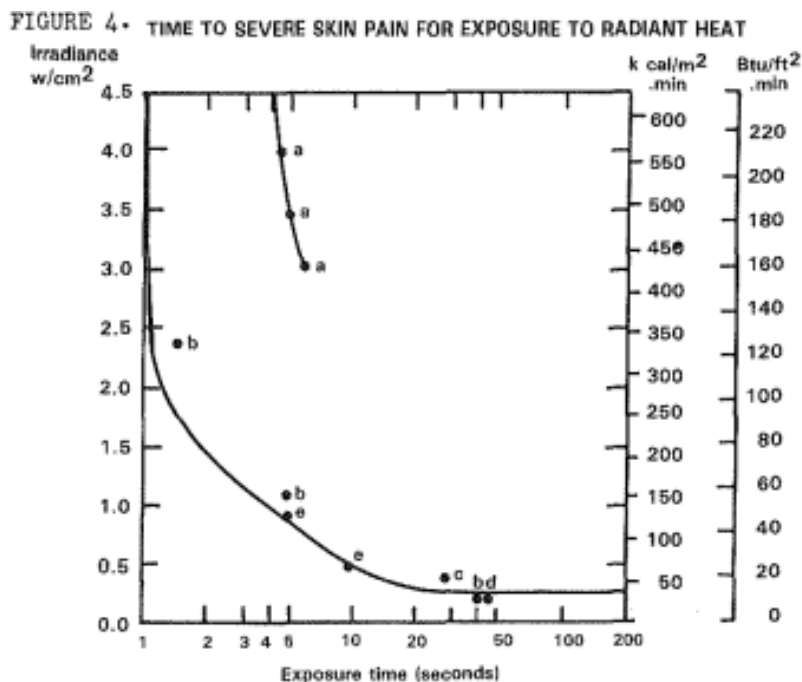
Det fortsatta brandförloppet efter sprinkleraktivering blir enligt följande om sprinkleraktivering sker när brandförloppet är mindre än 5 MW:

- Effektutvecklingen blir konstant i en minut efter sprinkleraktivering
- Under minuten därpå minskar effektutvecklingen till 1/3 av effektutvecklingen vid aktivering
- Därefter hålls effektutvecklingen konstant för att visa att sprinklersystemet nödvändigtvis inte behöver släcka branden fullständigt

Kriterier

Skyddsmålen som tidigare tagits upp säger följande; *Skyddsmålet i riskvärderingen definieras som att människor som befinner sig inom den avgränsade delen av gallerian skall kunna utrymma till det fria på ett säkert sätt innan kritiska förhållanden uppstår.* För att detta ska uppnås måste kriterier för personsäkerhet bestämmas och följas. Kriterier för personsäkerhet avser så kallade kritiska nivåer. Dessa nivåer åsyftar för värmestrålning, toxicitet, höjd på brandgaslagret, sikt och temperatur.

Värmestrålning är den strålning från det brinnande objektet som når personen i fråga. Skador på grund av strålning beror på vilket avstånd från branden personen befinner sig på samt under hur lång tid personen exponeras för den givna strålningen. Därför har kriterier bestämts för exponering under en längre period samt under en kortare period. Den kortare perioden avser mindre än 10 sekunder och den kritiska värmestrålningen uppnår till 12,5 kW/m² (Kakosimos, 2010). För exponering under en längre period anses 2,5 kW/m² vara nivån för kritisk strålning (Boverket, 2013). I BBRAD anges ingen tidsbestämd period, men som kan avläsas i Figur 3 nedan orsakas svår hudsmärta vid omkring 30 sekunder (Purser, 1989) (2,5 kW/m² = 0,25 W/cm²). Värmestrålningen med 2,5 kW/m² används i de fallen där det inte handlar om en passering av branden, och tidsperioden benämns som 30 sekunder och uppåt. Förhållanden på två meters höjd under en kortare period, cirka 10 minuter, får temperaturen högst vara 100 °C (M.AIRAH, 2017).



Figur 3: Tid till svår hudsmärta vid värmestrålning.

En annan nivå som har stor betydelse för personsäkerhet är brandgaslagrets höjd. Brandgaslagrets höjd når kritiska förhållanden vid 1,8 meter. Vid denna höjd börjar personers sikt att försämrans på grund av att röken når ned till ögonen på längre personer. Siktbarhet avser hur långt personer kan se och mäts i enheten meter. Siktbarhet är ett kriterium som är väldigt beroende av hur det specifika scenariot är uppbyggt. Enligt BBRAD är det kritiska nivåer vid en sikt på 10 meter på en höjd 2 meter över golvnivån vid utrymmen större än 100 m² (Boverket, 2013). Beroende på rummets geometri kan ett godtagbart siktförhållande variera väldigt mycket och det går därför inte alltid att utnämna ett specifikt värde för sikten. Vid scenarier där sikten inte kan utläsas kan den kritiska nivån för sikt anses nådd då brandgaslagret når 1,8 meter över golvnivån.

Vid utrymning får ej personer utsättas för farliga ämnen eller en för låg halt av syre. Produkter som bildas från en brand kan ge höga toxiska doser på människan som då kan få en giftpåverkan. De ämnen som anses vara farligast av de som bildas är kolmonoxid och koldioxid. Deras kritiska koncentrationer redovisas i tabellen nedan (NIOSH, 2017). Vid dessa värden uppnås IDLH, immediately dangerous to life and health, vilket betyder omedelbar fara för liv och hälsa. Dessa värden anger den högsta koncentration som en frisk människa kan exponeras för under 30 minuter och ändå kunna fly, utan att få några bestående men. Till exempel kan partiklarna i brandgaserna ge mycket irritation i ögon, slemhinnor och andningsvägar (Svensson, 2006). Även syrets lägsta koncentration på 15% (Jensen, 2017) framgår i tabellen nedan. Dock enligt (Fridolf, 2017) kommer kritiska nivåer för sikt underskridas innan kritiska nivåer på toxicitet uppnås, vilket menar att siktbarheten är det dimensionerande kravet vid utrymningsanalyser.

Brandförlopp som även producerar gasen saltsyra (HCl) kommer att benämnas som en kritisk parameter. Saltsyra orsakar vid låga nivåer (100 ppm), allvarliga irritationsproblem hos människor. I försök som innefattade människor var de tvungna att lämna rummet när koncentrationen av saltsyra uppnådde 70-100 ppm på grund av intensiv irritation, hostning och smärtor i bröstet. Detta indikerar att gränsen för vad människor kan hantera innan kritiska nivåer uppstår kan benämnas som 100 ppm (Hull, Stec, & Paul, 2008). Detta kriterium kommer endast att utvärderas i scenarier där saltsyra bildas och kommer därmed inte att ingå i Tabell 2.

Fractional effective dose, FED är en fraktionsmodell som kan användas för att analysera toxisk påverkan vid en brand. I FED ingår kolmonoxid (CO), cyanid (CN), kväveoxider (NO_x), koldioxid (CO₂), syrgas (O₂), och FEC, toxiska gaser som orsakar irritans (McGrattan, o.a., 2014). Saltsyra, HCl ingår i FEC med ett värde på 1000 ppm (McGrattan, o.a., 2014). Ett värde på 1 för FED innebär bland annat att en person med genomsnittlig känslighet blir medvetslös. Nystedt beskriver att ett värde på 0,3 har rekommenderats i flera handböcker, vid utrymning i samband med brand. Då de toxiska gaserna befinner sig i brandgaslagret innebär ett värde på 0,3 att sikten i princip är obefintlig (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011). Detta stärker antagandet om att sikten blir kritiskt långt innan toxiska nivåer uppnås. Tabell 2 nedan redovisar parametrar som undersöks samt nivåer då de anses leda till skada på utsatta personer.

Tabell 2: Kritiska nivåer för personsäkerheten.

Kriterium	Nivå
Temperatur	100 °C
Värmestrålning	Nivå för exponering en längre period (>30 sekunder): 2,5 kW/m ² Nivå för exponering en kortare period (<10 sekunder): 12,5kW/m ²
Toxicitet	
Kolmonoxidkoncentration (CO):	1200 ppm
Koldioxidkoncentration (CO ₂):	4 %
Syrgaskoncentration:	15 %
Brandgaslagrets höjd ovanför golv	1,8 m
Siktbarhet	10 meters sikt, 2 meter över golvnivå

Datorverktyg

I rapporten användes nedan beskrivna dator och simuleringsprogram för att på bästa möjliga sätt kunna göra en brandteknisk riskvärdering.

Argos

Argos är ett datorprogram för brandsimuleringar i rumsmiljö. Programmet är baserat på en tvåzonsmodellering. Tvåzonsmodellering innebär att rummet är uppdelat i två zoner, en övre varm zon och en nedre kall zon. Programmet är utvecklat av Thomas Deibjerg, Bjarne Paulsen Husted, Henrik Bygbjerg och David Westerman vid Danish Institute of Fire and Safety Technology. Metodiken för simuleringen bygger på att till en början ange indataparametrar för brandscenariot. Exempel på detta är materialegenskaper för rummets väggar, tak och golv. Även information om branden och dess tillväxt anges, brandinstallationer som t ex sprinkler och rökdetektorer, eventuella dörröppningar och på vilket sätt rummet används. Simuleringen är därefter mycket tidseffektiv då den bara tar några sekunder att genomföra. Resultatet från simuleringen i Argos är exempelvis fullständigt brandförlopp, tid till brandinstallationer aktiverar, strålning från brandgaslagret, temperatur, brandgasspridning och sikt. Tiden till förinställda kritiska parametrar anges också i resultatet.

Argos har en del begränsningar som gör att det inte kan likställas helt med en verklig brand. I ett riktigt brandförlopp kan inte ett rum i brand likställas med en given varm övre zon och en undre zon, utan det är en förenkling för att visa ett överskådligt brandförlopp. Temperaturen i verkligheten har en variation i både ett övre och undre lager. Argos är också en förenklad modell där alla parametrar som påverkar branden i verkligheten inte kan anges eller är hanterbara för programmet (Thomas Deibjerg, 2003).

Trots begränsningarna fungerar Argos tillfredsställande bra i en bred variation av brandsimuleringar (Scherfig & Baden, 1992).

FDS och smokeview

FDS står för Fire Dynamic Simulator, och är ett program där mjukvaran numeriskt löser ett stort antal Navier-Stokes ekvationer för att kunna beskriva branden, brandgasernas rörelser och värmetransport. Programmet har utvecklats och framtagits av National Institute of Standards and Technology (NIST), och anses vara mycket uppskattat i utbildningssyfte, forskning och i näringslivet. FDS är dessutom gratis att använda.

Metodiken vid användandet bygger på att man genom kodning bland annat bygger upp utrymmets rumsdimensioner, anger brandens egenskaper och olika mätpunkter för olika parametrar som t ex temperatur och strålning. För att validera brandens egenskaper och upplösningen i simuleringen är $D^*/\delta x$ och Q^* två enkla beräkningar att använda, vilket redovisas mer genomgående under avsnittet med handberäkningar.

Smokview är ett visualiseringsprogram som används för att visa resultaten från utdatan och brandförloppet. Viktigt att beakta är att resultaten inte kan likställas fullständigt med verkligheten, då programmet har sina begränsningar (NIST, 2017).

DETECT T-2

Detact är ett program för att beräkna tiden till aktivering för termiska element såsom sprinkler och brandlarm. Indatan som behöver anges för att programmet ska kunna utföra beräkningarna är omgivningstemperatur, aktiveringstemperatur, RTI-värde, detektorplacering, takhöjd och tillväxthastigheten för branden (NIST, 2017).

Pyrosim

Pyrosim är ett grafiskt hjälpmedel till FDS, som är nära integrerat med FDS. I programmet kan man likt Pathfinder importera ritningar för att bygga upp geometrier. Möjligheten finns dessutom att bland annat ange branden och placera ut mätelemt. Dessa parametrar bildar en kod som sedan kan importeras som textfil och kompletteras med ytterligare parametrar innan det simuleras i programmet FDS (Thunderhead Engineering, 2014).

Pathfinder

Pathfinder är ett program för simulering av utrymningsförlopp, i syfte att få fram en tid till utrymning. Rimligheten beror till största del på vilka parametrar som väljs (Thunderhead Engineering, 2017).

Handberäkningar

Handberäkningar har använts i rapporten för att få fram vissa resultat. Nedan redovisas de ekvationerna som använts i handberäkningarna.

Beräkning av tillväxthastighet från effektkurvan:

Tillväxthastigheten är en parameter som behövs för att kunna beräkna effektutvecklingen, som behövs för att beräkna tiden till sprinkleraktivering. Det är dessutom en nödvändig parameter i simuleringarna för att kunna beskriva branden. Ekvationen är hämtad ur (Karlsson & Quintiere, 2000).

Ekvation 1:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$$

$\alpha = \text{tillväxtfaktor (kW/s}^2\text{)}$
 $\dot{Q} = \text{effekt (kW)}$
 $t = \text{tiden (s)}$

Beräkning av tid till detektion:

Beräkningen grundar sig på en empiriskt framtagen formel (Frantzich & Olsson, Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer, 1991).

Ekvation 2:

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

t_{det} = tid till detektion (s)

α = brandens tillväxthastighet (kW/s²)

H = takhöjd (m)

Beräkning av strålning:

Ekvationen är hämtad ur (Karlsson & Quintiere, 2000). Ekvationen ansågs lämplig att använda då avstånden är så korta att synfaktorn antas vara 1.

Ekvation 3:

$$\dot{q}'' = \frac{(\dot{Q} \cdot x)}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

\dot{q}'' = infallande strålning ($\frac{kW}{m^2}$)

\dot{Q} = effekt (kW)

r = avstånd från strålände objekt till mätpunkt (m)

x = andel strålning av effekt

Validering av FDS

Då FDS är ett program där användaren bygger upp förloppet är det viktigt att de parametrar som användaren använder efterliknar de i ett naturligt brandförlopp. För att validera brandens egenskaper och upplösningen i simuleringen är $D^*/\delta x$ och Q^* två enkla beräkningar att använda.

För att efterlikna en naturlig rumsbrand måste förhållandet mellan brandkällans yta och effektutveckling stämma överens. En för hög effektutveckling gentemot brandkällans yta kan leda till att branden utvecklas som en jetflamma, vilket leder till att rörelsemängden istället för tyngdkraften kontrollerar brandförloppet. Om bränsleytan är stor i jämförelse med för låg effektutveckling kan det leda till att flammen bryts ner till mindre flammor och det speglar inte verkligheten. För att säkerställa att branden efterliknar en normal rumsbrand används den dimensionslösa effektutvecklingen Q^* och värden ska ligga mellan 0,3-2,5 (Back & et al., 2013). Q^* beräknas enligt Ekvation 4 nedan.

Cellernas storlek i en simulering är en viktig parameter och detta för att den påverkar bland annat hur bra upplösning simuleringen ger. I närheten av branden är det viktigt att upplösningen är tillräckligt fin för annars påverkas brandplymen alldeles för mycket. Enligt (Back & et al., 2013) beskrivs att dimensionslösa uttrycket $D^*/\delta x$ anger ett lämpligt mått på hur bra flödet är upplöst. δx är cellernas storlek medan D^* utgör den karakteristiska diametern (Back & et al., 2013). Enligt (McGrattan, o.a., 2014) ska $D^*/\delta x$ ligga i intervallet 4-16. Enligt Nystedt bör $D^*/\delta x$ vara mellan 10-20 nära branden. Vid stora rumshöjder där $D^*/H < 0,5$ där H är rumshöjden, bör $D^*/\delta x$ vara minst 15 (Nystedt & Frantzich, Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid kärntekniska anläggningar, 2011). D^* beräknas med hjälp av Ekvation 5 nedan.

Ekvation 4:

$$Q^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} D^2 \sqrt{g D}}$$

Q^* = Brandens dimensionslösa effektutveckling

\dot{Q} = Effektutvecklingen (W)

ρ_{∞} = Densiteten på omgivande luften ($\frac{kg}{m^3}$)

$$c_p = \text{Värmekapaciteten för luft } \left(\frac{J}{kgK} \right)$$

$$T_\infty = \text{Temperaturen på omgivande luft (K)}$$

$$g = \text{Gravitationskonstanten } \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$D = \text{Ekvivalent bränslediameter (m)}$$

Ekvation 5:

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_\infty c_p T_\infty \sqrt{g}} \right)^{2/5}$$

$$D^* = \text{Brandens karaktäristiska diameter (m)}$$

$$\dot{Q} = \text{Effektutvecklingen (W)}$$

$$\rho_\infty = \text{Densiteten på omgivande luften } \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$c_p = \text{Värmekapaciteten för luft } \left(\frac{J}{kgK} \right)$$

$$T_\infty = \text{Temperaturen på omgivande luft (K)}$$

$$g = \text{Gravitationskonstanten } \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$\delta_x = \text{utgör den största sidan på kontrollvolymen runt b}$$

7. Riskidentifiering

Nedan följer ingående statistik som grund för efterkommande scenarioidentifiering och riskmatris. Kapitlet avslutas med en utvärdering av de identifierade brandscenarierna där de mest kritiska väljs ut för djupare analys. De utvalda scenarierna är därmed dimensionerande för riskvärderingen.

Statistik

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap har en databas kallad IDA-databasen där det finns statistik över räddningstjänstens utryckningar. Här kan bland annat statistik hittas över hur bränder uppstår och vilka antändningskällor som är vanligast. I denna rapport används statistik från ”allmän byggnad för handel” som kan likställas med köpcentrum såsom Punkt Galleria (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2017).

Extern

I IDA-databasen hittas statistik över brandorsaker i allmän byggnad för handel, se Figur 4 nedan. Brandorsaker avser var branden har startat och vad som gjorde att branden uppkom. Utifrån denna information kan vidare brandscenarion väljas efter en trovärdig källa. Statistiken som används grundas från utryckningar i Sverige och från åren mellan 1998 och 2015.



Figur 4: Brandorsak i allmän byggnad för handel (1998-2015) enligt MSB.

Intern

Under besöket framgick information om att tillbud var vanligt i Punkt. För några år sedan hade en rökutveckling startat i ventilationen och spridit sig vidare i byggnaden. Tillbud som försök till anlagda bränder sker frekvent i gallerian enligt anläggningsskötaren (Isoaho, 2017). Att anlagda bränder är vanligt i gallerian tas i hänsyn vid val av scenarier.

Identifierade brister kopplade till regelverket

Då gallerian Punkt uppfördes användes ett äldre regelverk än BBR men i denna rapport kommer jämförelse göras med dagens gällande regelverk. Vid studerande av ritningar över Punkt och vid platsbesöket noterades avvikelser från BBR och dessa avvikelser kommer att presenteras nedan.

Köpcentrumet Punkt har endast en utrymningsväg som är frångänglig för personer med rörelsehindrad funktionsnedsättning och det uppnår inte kraven från BBR, se avsnitt 5:321 som säger att det ska finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Se Figur 5 för Punkts enda utrymningsväg tillgänglig för funktionshindrade. Figuren visar också att dörren inte är markerad som en utrymningsväg med symbol för funktionshindrade som den borde vara enligt avsnitt 5:341, BBR.



Figur 5: Punkts enda utrymningsväg tillgänglig för funktionshindrade.

Dessutom finns heller inga vägledande markeringar i gångstråket som skyltar till den enda utrymningsvägen för rörelsenedsatta, se Figur 6.



Figur 6: Vägledande markering som saknar skylt för personer med nedsatt rörelseförmåga.

I caféet Espresso House fanns det även en utrymningsväg ut i det fria förutom den som ledde ut till gångstråket. Denna utrymningsväg hade en dörr ut som var placerad cirka 0,6 meter över mark och det stod en flyttbar bänk under. Enligt avsnitt 5:33 ska dörrar som används för utrymning vara lätta att öppna och passera. Utgången är dessutom markerad med en skylt med texten "reservutgång" på röd bakgrund. I Kungliga majestäts stadga den 8 juni 1917 angående hotell- och pensionatsrörelse står det följande: " På dörren till reservutgång skall med bokstäver om 60 millimeters höjd på vit botten i oljefärg inom fyrkantig högröd ram målas i högröd färg ordet Reservutgång, se Figur 7. Samma krav gäller utgångsdörr." I BBR 12, 5:351 och 5:353 står det istället: "Skyltar skall utgöras av belysta eller genomlysta gröna skivor med tydliga, vita symboler" (Smedberg, 2008).

BBR 5:321 säger att entresolplan som är mindre än 50% av golvarean av nedervåningen men max 25 m² slipper nödutgång. I Espresso House är övervåningen mindre än 50% av nedervåningen, men större än 25 m². Detta medför att en nödutgång måste sättas in på övervåningen, om inte golvarean minskas till 25 m², exempelvis genom avskärmning.



Figur 7: Reservutgång i Espresso House.

Avvikelse angående gångavstånd till utrymningsväg hittades i butiken Intersport där den maximala sträckan uppmättes till cirka 80 meter istället för godkända 40 m, enligt 5:332 BBR. Gångavståndet för butiken New Yorker ligger på gränsen av det tillåtna.



Figur 8: Butiken Intersport där gångavstånd till närmaste utrymningsväg överstiger 40 meter.

Roterdörrarna vid entréerna 1, 3 och 4 som fungerar som utrymningsvägar var svåra och krångliga att vika dörrbladen på. Enligt BBR, avsnitt 5:33 ska dörrar som ska användas för utrymning vara lätta att öppna och passera men dessa dörrar ansågs inte lätta att öppna för allmänheten. Figur 9 nedan visar hur roterdörrar ställs vid händelse av utrymningslarm och ska sedan öppnas med manuell tryckning på dörrarna.



Figur 9: Utrymningsväg genom roterdörr med manuell öppning genom tryck vid händelse av brand.

Punkt är ett utrymme som kan anses vara svårorienterad. Enligt avsnitt 5:34 i BBR ska det därför finnas vägledande markeringar med nödbelysning som även fungerar vid strömavbrott. För Punkt finns det en backup till en del av strömförsörjningen som består av ett batteri. Men det finns även en dieselgenerator som agerar backup till en annan del av utrymmet och denna fungerade inte vid platsbesöket. Enligt avsnitt 5:343 ska nödbelysning även möjliggöra utrymning vid strömavbrott och då dieselgeneratorm ej fungerar fullföljs inte denna föreskrift. Nödbelysningen i lokalen testades varje månad.

Enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor ska köpcentrumet bedriva ett aktivt och fungerande SBA. Då Punkt består av olika affärsverksamheter har alla ett eget SBA. Som beskrivits tidigare har en enkätundersökning genomförts och därigenom är det värt att diskutera om alla butiker har ett fungerande SBA.

Brandscenarier

Innan besöket fördes en diskussion om olika tänkbara brandscenarier utifrån den planritning som fanns. Under besöket kunde dessa studeras närmare och flera scenarier valdes ut för djupare undersökning. För att få ett så brett spann som möjligt på scenarierna diskuterades bland annat utrymningsmöjligheter, olika antändningskällor och brandbelastning. Åtta olika brandscenarier valdes därför ut för diskussion och analys som presenteras nedan. Figur 10 visar placering av vardera scenario i gallerian. Scenarierna skattades utifrån sannolikheten för uppkomst av brand och dess konsekvens på utrymningsmöjligheter. Gradering av sannolikhet baserades delvis på statistik för uppkomst av brand, som presenterats i bland annat Figur 4, men också om det finns flertalet antändningskällor. Om ett scenario har flertalet orsaker till uppkomst av brand samt om verksamhetstypen och antändningskällorna är vanliga enligt statistik ansågs sannolikheten vara högre. Konsekvensgradering har skett från uppskattning på utrymningsmöjligheterna. Graderingen sattes mellan 1-5 där 1 är låg sannolikhet och konsekvens och 5 är hög. Sammanställning av scenarierna utifrån sannolikhet och konsekvens presenteras i en riskmatris senare i kapitlet, se Figur 11. Scenariernas placering i Punkt galleria presenteras i Figur 10, där de representeras av en bokstav, som finns inom parantes i rubriken för respektive scenario.

New Yorker (A)

New Yorker är en klädbutik med hög brandbelastning. Brandbelastningen består mestadels av kläder av textilier och galgar av plast. Butiken har trånga gångvägar mellan klädstängerna på grund av att de har mycket produkter framme i butiken. Butiken är belägen i gångstråkets början vid Entré 1 och har också en ingång/utgång direkt ut till det fria. Möjliga antändningskällor är tekniska fel och anlagd brand som i statistiken är bland de mest förekommande. På grund av den tillgängliga utgången direkt till det fria ökar möjligheten för anlagda bränder. Markplanet i butiken har gångavstånd nära det maximala värdet för utrymning, 40 meter för förenklad dimensionering. En rulltrappa och hiss finns till butikens övervåning. Övervåningen har också en extra förhöjd våning med en trappa på ca 0,5 meter. På nedervåningen finns ett cirkulärt område runt hissen med en smal utgång till resterande del av butiken. Tillgängligheten i New Yorker är begränsad för personer med funktionsnedsättning.

Vid en möjlig brand som är anlagd vid dörren direkt ut till gatan kan kläder börja brinna snabbt. Spridning sker hastigt på grund av att klädstänger står mycket nära varandra och möjlig blockering för utrymning av det cirkulära utrymmet kan förekomma. På grund av mycket kläder och hinder kan en brand vara svårupptäckt av personal och därför släcks inte branden av personalen.

Sannolikhet för uppkomst av brand anses vara medel då flera antändningskällor kan orsaka brandförloppet. En stor andel bränder startar på grund av att de är anlagda eller tekniska fel enligt statistik som nämnts tidigare. Konsekvensen kan skattas bli hög då risk för att skador på människor kan förekomma vid utrymning från den smala gången, vilket kan hindra en utrymning.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

Espresso House (B)

Espresso House är ett litet café beläget vid Entré 1. Caféet har endast en utrymningsväg direkt ut till gångstråket. Det finns även en dörr ut till det fria som leder direkt ut till en bänk som ligger belägen cirka en halvmeter nedanför. Det är inte en optimal väg ut och felaktigt skyltad, och är därmed inte räknas som en utrymningsväg. Vid sidan av kassan står en grupp fåtöljer med en papperskorg bredvid sig. Precis vid fåtöljgruppen leder en trappa upp till en liten övervåning. Detta utrymme rymmer cirka 30-35 serveringsplatser och där finns ingen utrymningsväg utan vid utrymning används endast trappan ned. Möjlig antändningskälla kan variera stort i caféet. Olika antändningskällor kan t ex vara tekniska fel, varma ytor såsom grilljärn eller kaffebyggare och anlagd brand, då caféet har en egen utgång till det fria. Brandbelastningen är inte så hög som för en klädbutik men utformningen av caféet kan ge konsekvenser med avseende på utrymmet ovanför trappan.

Sannolikheten för uppkomst av brand är hög då det finns många tänkbara antändningskällor. Men eftersom butiken är rätt liten så borde branden upptäckas i ett tidigt skede och därför antas sannolikheten för en allvarlig brand vara medel. Om en brand startar vid trappuppgången till övervåningen uppstår kritiska förhållanden för utrymning på kort tid. På grund av att människor kan bli instängda i utrymmet blir konsekvensen väldigt hög.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 5

Intersport (C)

Intersport är belägen vid gångstråkets början från Entré 4. I butiken finns varor såsom textilier, sportartiklar och skor av plast samt skokartonger. Artiklar är staplade på högt upp på väggarna. Butiken är uppdelad i en nedre och en övre del, den senare som nås med en liten trapp eller ramp för funktionshindrade. Den övre delen har inte någon egen utrymningsväg utan de enda utrymningsvägarna är öppningar ut till gångstråket. Butiken har den största ytan jämfört med de andra butikerna i gallerian, och enligt BBR's regler om förenklad dimensionering överstigs det kritiska gångavståndet i butiken. Människor med funktionsnedsättning måste även ta den längre vägen via rampen inom butiken till utrymningsvägen. Butiken är dock överblickbar och har breda gångvägar. En trolig antändningskälla är ett elektriskt fel.

Gångavstånden till utrymningsväg är för långa i butiken vilket ger en hög konsekvens för utrymning inom butiken. En brand kan även blockera några utrymningsvägar i gångstråket. Brandbelastningen anses vara hög. Konsekvensen anses vara medel. Eftersom det är en stor butik finns det mycket lampor och det kan bidra till att ett elektriskt fel kan uppstå. Butiken har inte någon egen utrymningsväg ut till det fria (utan den är ut i gångstråket) och därför mindre sannolikhet för anlagd brand. Därför är sannolikheten för uppkomst av brand låg.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 3

Renovering (D)

I gallerian fanns vid besöket två butiker som var stängda på grund av renovering eller butiksbyte och deras verksamhet kunde inte bestämmas. Vid renovering kan det finnas brännbart material såsom plywoodskivor, cellplast, lastpallar eller sågspån. Hantverkare utför heta arbeten som bidrar till ökad risk för uppkomst av brand. Branddetektorer och sprinkler stängs antagligen av i den del av byggnaden som berörs av ombyggnationen. En trolig antändningskälla kan vara en svetsloppa eller ett elektriskt fel. Om en antändning inte uppmärksammas av en hantverkare kan den sprida sig med fördröjd tid till att ett larm går på och varnar.

Ett brandscenario i ett av renoveringsutrymmena anses medel. Detta på grund av att en brand ofta startar med följd av ett tekniskt fel enligt den statistik som nämnts tidigare. Konsekvensen uppskattas mycket låg då brandbelastningen anses vara lägre än andra butiker i gallerian. Detta innebär en begränsad tillväxt av branden.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 1

Skobutik (E)

Från gångstråket leder en rulltrappa ned till en skobutik, även en hiss för personer med funktionsnedsättning finns. I butiken finns mycket skor som är placerade på träpallar. Skor som oftast består av plast bidrar till farlig rök och de träpallar som befinner sig där bidrar till en snabb brandutveckling. Materialet som finns i butiken medverkar till en hög brandbelastning. Nere i skobutiken finns två utrymningsdörrar där en leder ut till det fria. Dörren är en utrymningsväg som bara kan öppnas från insidan, alltså ingen ingång till butiken. Lokalen är överblickbar där en brand hade varit lättupptäckt. Vid en brand kommer detektorer i lokalen aktiveras och larmet går. Då branden är placerad på nedervåningen antas den inte påverka utrymning av gångstråket i första hand.

Av den höga brandbelastningen med dess bidrag till farlig rökproduktion kan konsekvensen bli hög. På grund av att butiken har bra utrymningsmöjligheter sänks dock konsekvenserna för personsäkerheten till låg. Uppkomst av brand kan förekomma främst av tekniska fel där statistik visar att detta är vanligt i varuhus, se Figur 4. Eftersom det inte finns många fler troliga antändningskällor i butiken blir sannolikheten låg.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

Papperskorg (F)

Papperskorgar finns på flera ställen i gallerians gångstråk och saknar lock. Inget intilliggande brännbart material finns bredvid papperskorgarna men samtidigt kan skräpet som finns i papperskorgen bestå av en del brännbart material. En papperskorgsbrand kan uppstå på grund av att den är anlagd, något tidigare statistik visat är en vanlig orsak, och även enligt anläggningsskötaren Petri Isoaho. En anlagd brand kan ske nära en utgång där gärningsmannen lätt kan smita ut igen.

Sannolikheten av uppkomst av brand anses hög då mängden anlagda bränder är hög enligt statistik, samt att anlagda bränder är vanligt förekommande i gallerian Punkt. Konsekvensen bedöms mycket låg. Detta tack vare att inga intilliggande brännbara material finns vid papperskorgarna. Samtidigt kommer inte en papperskorgsbrand kunna nå en tillräckligt stor skada med avseende på personutrymning.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 1

Hemtex (G)

Hemtex är en liten butik med mycket textilier, plastinredning och kuddar. Enda utgången är till gångstråket. Hemtex ligger nära en trappa som leder ut till Entré 3. I butiken finns sprinklers med smältbleck som har okända egenskaper beroende på konstruktion och ålder. Detta kan leda till att det inte kan förutsättas att dessa har samma korta aktiveringstid som de bulber som finns i resterande delar av gallerian. Uppkomst av brand kan ske genom tekniska fel av t ex ljusarmaturer som är uppsatta i affären. Om en brand uppkommer kan den snabbt sprida sig i textilierna och i de upphängda gardinerna. Detta bidrar till att flammor kan sprida sig högt i taket och butiken har också en hög brandbelastning som gör att branden kan bli stor i sin omkrets.

Eftersom tiden för sprinkleraktivering inte är känd och kan vara längre än de andra butikerna samt att brandgasspridning kan blockera en utrymningsväg, så kan detta påverka utrymnings säkerheten på ett negativt sätt. Jämfört med de andra butikerna i gallerian är Hemtex en mindre butik till storleken. Detta ger korta gångavstånd och gör att butiken är överblickbar. Brandbelastningen är dessutom mindre än en annan kläd- eller textilaffär i gallerian. Till följd av ovanstående och att andra utrymningsmöjligheter ligger i närheten av butiken gör att konsekvensen blir låg. Sannolikheten att brand uppstår anses låg där den enda troliga antändningskällan är tekniskt fel.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

Baresso (H)

Baresso ligger i mitten av gallerian och i butiken finns hudvård-, skönhets- och hårprodukter. Produkterna förvaras i plastförpackningar och sprayburkar som innehåller aerosol med propan som brännbar drivgas. Väggarna är täckta av hyllor med produkter som sträcker sig nästan ända upp till taket. Bakom kassan finns ett dolt utrymme med både en frisörstol och tillbehör, spegel, lysrör och ett flertal kartonger liggandes i hög. Utrymmet såg vid besöket ut som ett litet frisörutrymme där de kan ta emot kunder. Uppkomst av brand i denna verksamhet anses möjlig då antändningskällor som tekniska fel av t ex lysrör eller frisörverktyg kan orsaka brand. En snabb tillväxt kan ske av de kartonger som ligger utspritt i utrymmet. Om branden fortskrider kan en vidare spridning ske till de produkter som finns i butiken. I detta scenario kan en brandgasspridning ske ut över hela gångstråket då butiken ligger i mitten på gallerian.

Det dolda utrymmet ligger längst in i butiken och vid en brandlarmsaktivering kommer människor utrymma innan gångstråket blir belastat av brandgaser. Dock är brandbelastningen mycket hög i butiken med både plast och aerosolflaskor. Konsekvensen anses vara låg med avseende på personsäkerhet vid utrymning. Människorna bedöms kunna utrymma innan brandgaserna täcker hela butiken samt ut i gångstråket. Sannolikheten att brand uppstår bedöms vara medel. Detta på grund av att ett tekniskt fel är vanligt förekommande sett i statistik, Figur 4, samt att i det dolda utrymmet är det svårt att uppmärksamma en brand.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 2

Julgran i gångstråk (I)

Under månaderna innan och under jul har Punkt två julgranar i plast placerade på området vid caféet Chantal's. Julgranarnas storlek är i modell större och kan antas nå en höjd på 3 meter då taket i gallerian är 4 meter. Det kan antas att julgranarna är placerade på vars en sida om pelarna och står alltså inte bredvid varandra. Julgranarna är även dekorerade med ljusslingor och julkulor i plastmaterial. Under granarna finns även lite dekoration i form av inslagna kartonger i julpapper som ska föreställa julklappar. Bredvid julgranarna antas det även finnas ett temporärt uppställningsbord med juldekoration och detta uppställningsbord består av träpallar. Möjliga antändningskällor är elektriskt fel, till exempel i en förlängningsladd som är placerad under julgranen och bredvid julklapparna. Elektriskt fel är en antändningskälla som enligt Figur 4 är en vanligt förekommande orsak för brand.

Då julgranarna består av plast innehållande PVC och/eller PE kommer brandförloppet att ske snabbt med en hög värmeutveckling och rökbildning (Nilsson & Holmstedt, 2008). Bränder innehållandes plast kan även producera giftiga gaser. Utrymning från de flesta av gallerians butiker måste ske från gångstråket. En brand i julgranen, som är placerad i gångstråket kan därför komma att påverka stora delar av utrymningen på ett negativt sätt. En brand i gångstråket kan även blockera den enda utgången som är anpassad för människor med rullstol om de befinner sig på fel sida av gångstråket och branden, vilket ger konsekvensen medel för scenariot. Sannolikheten för scenariot anses vara medel med tanke på julbelysningen.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 3

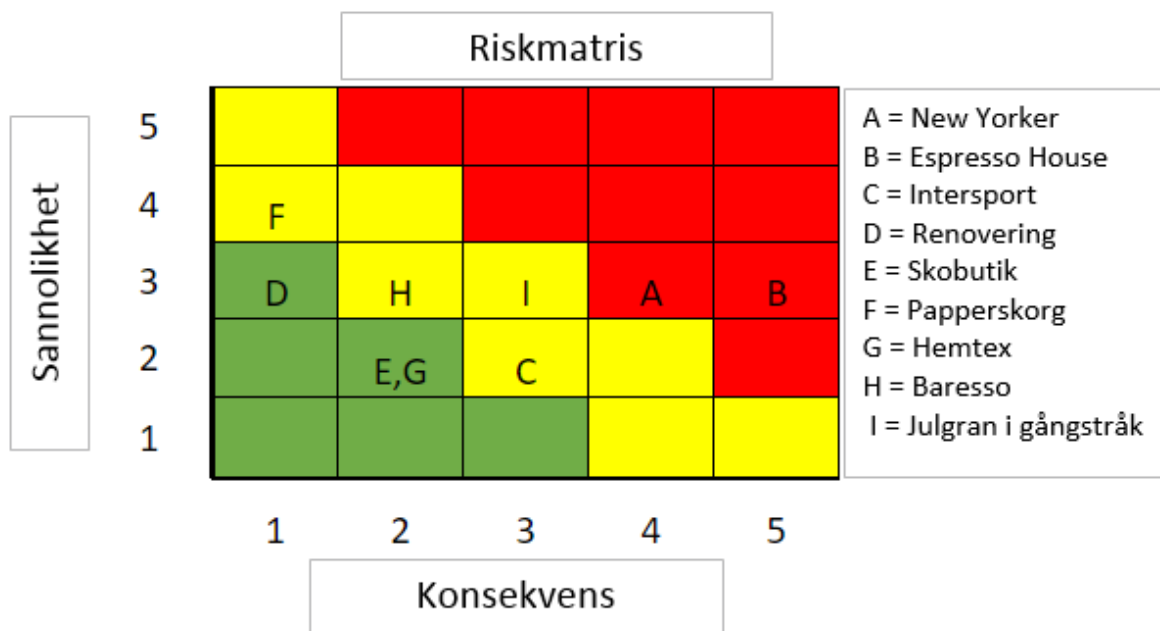
Nedan presenteras brandscenariernas placering i Punkts lokaler, se Figur 10.



Figur 10: Placering av de olika brandscenarierna i Punkt s lokaler.

Riskmatris

Riskmatrisen nedan visar varje scenarios sammanställning av dess konsekvens och sannolikhet. Utifrån riskmatrisen görs en bedömning om vilka scenarier som behövs undersökas mer.



Figur 11: Riskmatris över framtagna brandscenarier på Punkt galleria.

Utvärdering av brandscenarier

Eftersom rapportens syfte är att studera personsäkerheten med avseende på utrymning vid brand kommer den sammanvägda risken att ligga till grund för vidare analys. Utifrån riskmatrisen syns tydligt att scenario B och A har högst konsekvens och dessa två scenarier väljs ut för vidare analys för att studera utrymningsmöjligheterna för besökarna. Högst sannolikhet har scenario F men den har också lägst konsekvens. Även om scenariot kan uppkomma ofta anses inte påverkan på utrymning och personsäkerhet vara stor och därför utreds inte detta scenario mer. Scenario C och I har lika hög konsekvens men scenario I har ett högre viktat medelvärde på både sannolikhet och konsekvens. Eftersom scenario I har lite högre gradering av sannolikhet för uppkomst av brand anses detta scenario betydelsefullt att utreda närmare. Scenario C är svårbedömt eftersom gångavstånden är kritiska och kunde därför lika bra valts att studera djupare. Eftersom brandbelastningen är mer utspridd och mindre än tex scenario A, samt att de har ett fungerande SBA så väljs en lite lägre konsekvens trots de kritiska gångavstånden. Ambitionen att försöka välja scenarier som är dimensionerande för hela butiken gjorde att exempelvis scenario I valdes istället, då en klädbutik redan finns med genom scenario A.

8. Vidareanalys av scenarier

Tre scenarier valdes ut i riskidentifieringen, som analyseras mer ingående i följande kapitel. För varje av de tre scenarierna görs beskrivningar av scenariot, effektutvecklingen, beräkningar, simuleringar samt resultat.

För utrymningssimuleringarna för de olika scenarierna är det vissa parametrar och beräkningsmetoder som har använts för alla tre scenarierna och dessa kommer därmed att presenteras nedan

De personer som besöker gallerian kan vara vuxna män och kvinnor, barn, funktionshindrade och äldre människor. Olika parametrar såsom gånghastighet, axelbredd och reaktionstid har valts för varje grupp individer vilket skiljer dem åt. I vissa av scenarierna har hänsyn tagits till att det kan finnas rörelsenedsatta individer, genom att förhindra dessa från att utrymma via trappor. Fördelningar av varje grupp har gjorts utifrån statistik, vilket redovisas i Bilaga 2 - Pathfinder.

Själva gallerian representeras utifrån CAD-ritningar importerade i Pathfinder. Föremål såsom klädstänger, bord, hyllor och produkter som finns i lokalerna, har tagits hänsyn till för att spegla verkligheten. Föremål kan ha en inverkan på val av utrymningsväg och påverkar därmed i sin tur utrymningstiden. En förenkling som gjordes var att bara hälften av golvarean i butikerna är tillgänglig, resten upptas av föremål/produkter. Denna uppskattning gjordes vid platsbesöket.

Ekvationer för personflöde genom dörrar och gånghastighet i trappor användes för att simuleringen skulle beakta trängsel och köbildning. Ekvationerna hämtades från (Hurley, M.J., SFPE, 2016) och återfinns i Bilaga 2 - Pathfinder.

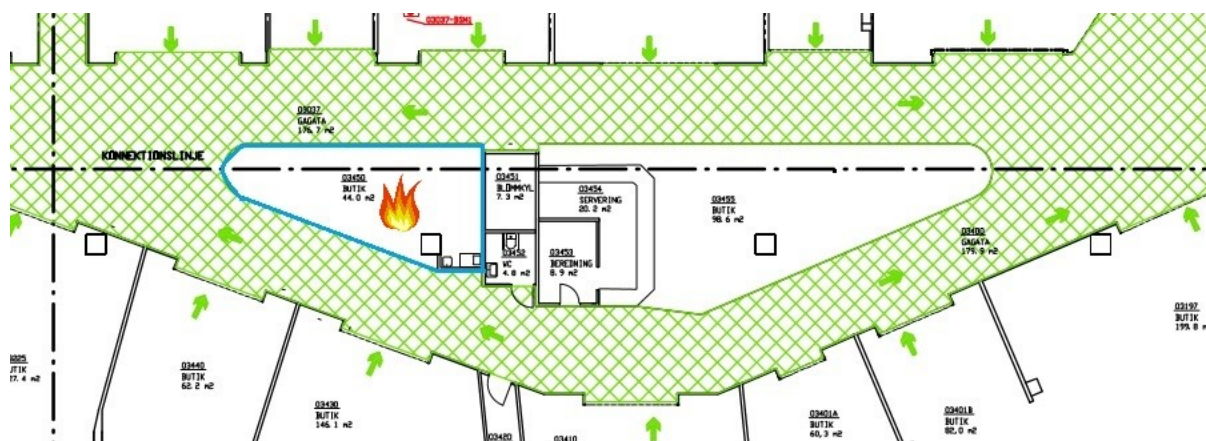
För att få en klarare bild över utrymningstiden utförs tio simuleringar per scenario, där parametrar för individerna slumpas fram (inom framtagen fördelning). De parametrar som slumpas är gånghastighet, axelbredd och utgångspunkt i lokalen. Den redovisade utrymningstiden är sedan ett genomsnitt av de 10 simuleringarna för scenariot, och jämförs sedan med tid till kritiska förhållanden.

Scenario 1 - Julgran i gångstråk

Riskvärdering av scenariot med en antänd plastjulgran i gångstråket, markerat med bokstaven I i Figur 11, riskmatrisen.

Scenariobeskrivning

Under månaderna innan jul har köpcentret Punkt placerat två julgranar och juldekoration i gångstråket. Julgranarna står på varsin sida om Café Chantal's, placerat i mitten av gångstråket. I detta scenario kommer endast julgranen till vänster om caféet att ingå i brandförloppet. Bredvid denna julgran har det även placerats ett bord. Detta bord är uppbyggt på plats och består av ett antal träpallar som tillsammans har höjden 1 meter. Bordet är prytt med juldekoration, till exempel duk, glitter och julklappar. Figur 12 presenterar julgranens och bordets placering i gångstråket. Gångstråket är markerat med grönt.



Figur 12: Översikt över scenario Julgran i gångstråk. Brandens placering markeras med en flamma.

Av de julgranar som finns på den svenska marknaden idag består de flesta av PVC men det finns även nyare granar som består av en kombination av PVC och PE (Royal Christmas, 2017). Då julgranen i Punkt kan antas vara några år gammal antas den bestå endast av PVC. För de granar i plast som testerna som utfördes enligt (Hurley, M.J., SFPE, 2016) nämns inte något om flamskyddsmedel. Då testerna är gjorda år 2008 kan det antas att de innehåller flamskyddsmedel och ingen hänsyn behöver tas till påverkan av flamskyddsmedel. Brandbelastningen består av en julgran med en massa på 7 kg, dekoration bestående av PVC och bord av trä. Se Bilaga 3 – Julgran i gångstråk för fullständig information angående brandbelastningen.

Effektutveckling

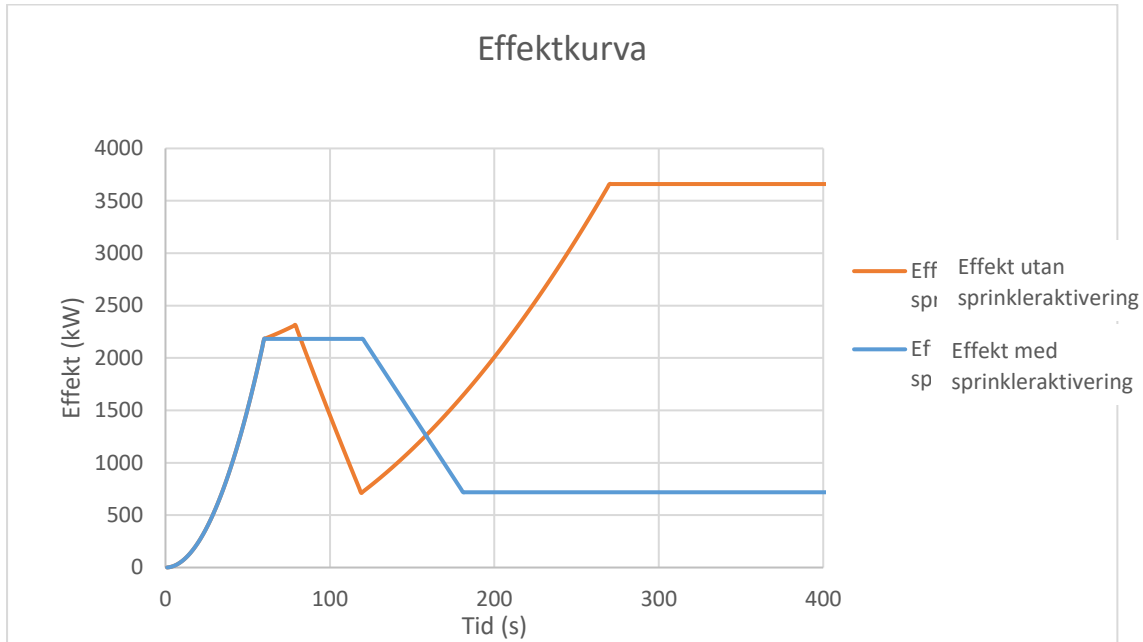
Tester angående julgranar, bestående av plast och deras effektutveckling presenteras i SFPE (Hurley, M.J., SFPE, 2016). Tre granar med en höjd på cirka 2 meter och vikt på 4-5 kg användes i testerna. Två granar antändes med fyra olika antändningspunkter bestående av hopknycklat papper runt julgranen. Den tredje granen hade antänts på samma sätt men med endast en antändningspunkt. Den tredje granen som endast har en antändningspunkt liknar det brandförlopp som kommer ske med julgranen i Punkt och därför kommer tillväxthastigheten beräknas enligt den kurvan.

Den maximala effekten som uppnåddes i alla tester benämns som låg och detta på grund av att tillväxthastigheten var för snabb för att mätinstrumentet skulle fungera korrekt. För granarna med flera antändningskällor gjordes en beräkning för korrelation mellan flammhöjd och effekt som visar att de två granarna skulle kunna ha en effekt på cirka 2800-3100 kW istället för den maximala effektutvecklingen som ligger på 800-1000 kW i grafen (Hurley, M.J., SFPE, 2016). Då granen i Punkt antas ha en höjd på 3 meter vilket är 50 % högre än granarna i testet, och har därmed mer material, kan det antas att julgranen i Punkt också kommer ha en effektutveckling som är 50 % högre än de i testerna. Julgranen i Punkt har också juldekoration i form av bland annat glitter, julkulor och de julklappar som även är antändningskällan. Detta leder till att brandbelastningen för julgranen kommer att vara ännu högre än för de granar som testades i experimenten.

Att effektutvecklingen benämns som låg i försöken, att julgranen i Punkt är högre och att brandbelastningen ökar på grund av juldekoration är alla faktorer som leder till en högre effektutveckling för julgranen i Punkt. Den maximala effektutvecklingen är därför ett viktat värde av dessa parametrar och en maximal effektutveckling på cirka 2300 kW kan därför antas.

Träpallarna som fungerar som ett bord i gångstråket står nära julgranen och kan därför antas antända samtidigt som julgranen. Träpallarnas effektkurva och tillväxthastighet är hämtade från Initial Fires, (Särdqvist, Initial Fires, 1993). Träpallarna har en lägre tillväxthastighet än julgranen men då de har en högre brandbelastning än julgranen kommer de att brinna under en längre period.

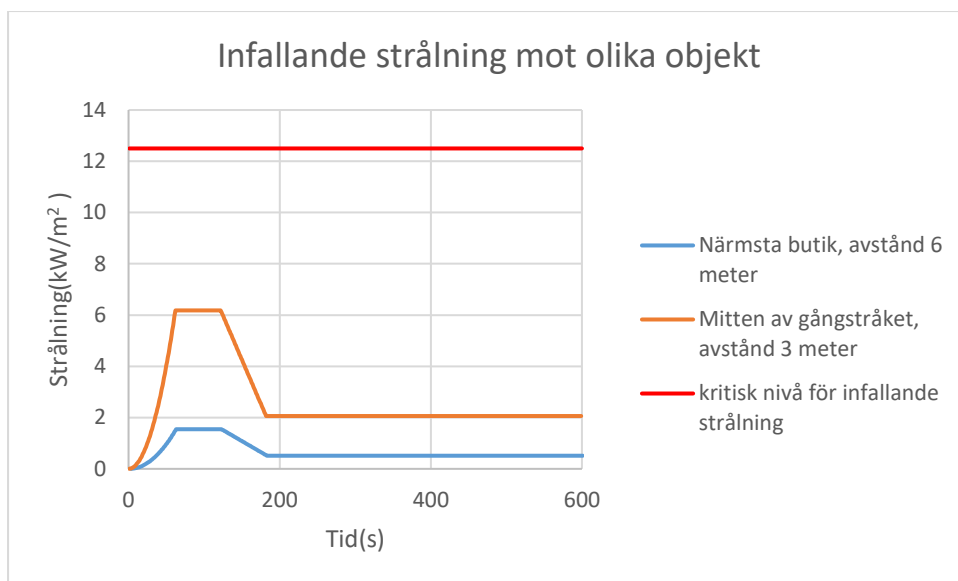
Gångstråket i gallerian har sprinkler med en aktiveringstemperatur på 68° C och RTI 50. Sprinkleraktiveringen påverkar brandens effektutveckling, där den i första stadiet hålls konstant för att sedan minska till 1/3 av den maximala effekten vid sprinkleraktivering (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011). Sprinklerna sitter på ett avstånd i varje riktning med 3 och 4 meter ifrån varandra och för sprinkleraktivering har det längsta avståndet från julgranen beräknats och tid för aktivering uppnåddes vid 61 s, se Bilaga 4 – Julgran i gångstråk. Effektkurvans utseende från 400-600 sekunder hålls konstant. Effektkurvans utseende med och utan sprinkleraktivering presenteras nedan, se Figur 13.



Figur 13: Effektkurva med och utan sprinkleraktivering från brandscenario Julgran i gångstråk.

Handberäkningar

Beräkningar angående infallande strålning mot gångstråket har beräknats för hand med hjälp av Ekvation 3 enligt (Karlsson & Quintiere, 2000). Figur 14 presenterar den infallande strålningen på olika avstånd. Infallande strålning från branden till mitten av gångstråket och till närmaste butik beräknas. Nedan i Figur 14 redovisas den infallande strålningen mot mitten av gångstråket på ett avstånd 3 meter från branden och till närmsta butiksöppning med ett avstånd på 6 meter.



Figur 14: Infallande strålning för scenario Julgran i gångstråk på två olika avstånd.

Vid en brand innehållande PVC bildas saltsyra som är en giftig gas för människor. Enligt Hull uppnår kritiska nivåer för saltsyra vid en koncentration på 100 ppm (Hull, Stec, & Paul, 2008). Vid beräkning i simulering i FDS benämns HCL istället som kritisk koncentration vid 1000 ppm (McGrattan, o.a., 2014). För beräkning av 100 ppm har handberäkningar gjorts där reaktionsformeln och känd massa PVC har använts. Det har antagits att koncentrationen fördelar sig jämnt i brandgaslagrets höjd i Punkt. Resultatet av beräkning visade att kritiska nivåer angående saltsyra kommer att uppnås om brandgaslagrets höjd blir lägre än 1,8 meter och därmed når människorna. Se Bilaga 3 – Julgran i gångstråk för beräkningar och indata.

Brandsimulering

Julgranen i gångstråket har simulerats i FDS och det har gjorts ett antal förenklingar med avseende på gallerians geometri och brandens egenskaper. Endast det våningsplan där gångstråket befinner sig på har tagits med i simuleringen. De butiker som har ovan- eller nedanvåning på ett annat våningsplan har inte tagits med och detta på grund av att de har utrymningsvägar på dessa plan och antagandet om att dessa personer utrymmer på den våning de befinner sig på och inte beger sig till det rökfyllda gångstråket har därför gjorts. De butiker som var under renovering vid besöket hade stängd dörr ut till gallerian och dessa har därför antagits som stängda utrymnen i simuleringen, vilket är konservativt då den producerade röken blir inom området för de utrymmande personerna. De utgångar som avslutas med rulltrappa och vanlig trappa nedåt är endast med i simuleringen tills dessa börjar. Denna förenkling har använts för att människorna kommer börja sin utrymning i vertikalt led nedåt och då brandrök stiger uppåt antas personer vara i säkerhet då de når de utrymningsvägar som är riktade vertikalt nedåt.

Förenkling har även gjorts i avseende för höjdskillnader i gångstråket. Utrymningsväg från gångstråket som leder ut i det fria från Entré 1 har egentligen en sluttning på några decimeter. Denna sluttning innebär endast att människor vid Entré 1 kommer finna sig längre ifrån brandgaslagret och simuleringen kommer därför ge ett konservativt värde för parametrar som rör brandgaslagrets höjd.

Då gångstråket i Punkt sträcker sig över en väldigt lång sträcka och simuleringen täcker in hela gångstråket tillsammans med entréerna så innefattar simuleringen en väldigt stor area. På grund av Punkts storlek så blir cellerna i FDS väldigt många och för att inte få en alltför lång simuleringstid tvingades cellernas storlek öka. För Simuleringen har därför cellerna med sidorna 0,3 meter och närmast branden har de sidorna 0,15 meter. Celler med sidorna 0,3 meter representerar en coarse grid och cellerna 0,15 meter representerar moderate grid, se Bilaga 4 – Julgran i gångstråk FDS. För att

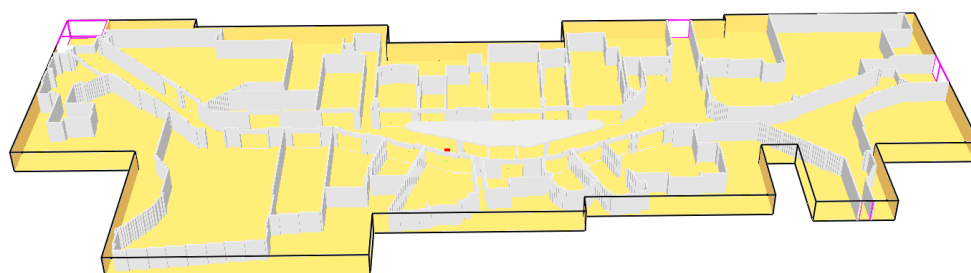
validera valet av cellstorleken i kontext till brandens storlek beräknades D^*/dx med hjälp av Ekvation 5. Värdet på D^*/dx nära branden var 9,0 för cellerna med storleken 0,15 meter. Beräkning av D^*/H ger ett värde på 0,35 för rumshöjden 3,9 meter som har använts i simuleringen.

Gångstråket i gallerian har en höjd på 4 meter men har även ett undertak. På grund av cellernas storlek och geometri har takets höjd satts till 3,9 meter. Då undertaket uppbyggnad inte är känt och det därmed inte finns någon kunskap om hur mycket rök som kan tänkas försvinna upp genom taket är det ett konservativt värde att anta att all rök stannar under taket.

Som bränsle för simuleringen har endast PVC använts istället för att simulera både PVC och trä. Detta har gjorts på grund av bristande kunskaper i FDS angående två ytor som brinner under olika tidsperioder. PVC har en sotbildning som nästan är 10 gånger högre än vad trä har (Nystedt & Frantzych, Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid kärntekniska anläggningar, 2011). Därmed kommer resultaten att vara konservativa angående toxiska effekter och siktbarheten och det tas i beaktning under diskussion. Noterbart är att då julgranen har så hög tillväxthastighet jämfört med bordet som består av trä kommer det att under den inledande perioden mest producera sot av PVC. Brandens bränsleytor består av en julgran tillsammans med träpallar och för simuleringen har deras geometri förenklats till en kvadratisk brännare. Denna förenkling gjordes på grund av att julgranens form skulle snabbt förändras då julgranen har en hög förbränningshastighet och plast smälter. Julgranens bränsleyta överförs istället till en kvadrat som motsvarar julgranens diameter. Bränsleytans geometri blir därför ett konservativt värde då ytan får ett högre HRRPUA än vad julgranens verkliga mantelarea skulle ge.

En beräkning av den dimensionslösa effekten Q^* som beskriver förhållandet mellan brandkällans yta och effektutveckling beräknas med hjälp av Ekvation 4 och ger ett värde på 1,5 vilket ligger inom godkänt värde enligt (Back & et al., 2013). För fullständig indata till FDS, se Bilaga 4 – Julgran i gångstråk FDS. Ovan nämnda val som har gjorts för FDS ger alla ett konservativt värde vilket kommer att diskuteras tillsammans med resultatet. Geometrin för objektet i FDS simuleringen redovisas nedan, se Figur 15. Branden är placerad i mittersta delen av gallerian och gångstråket och ses som en röd prick på figuren.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014

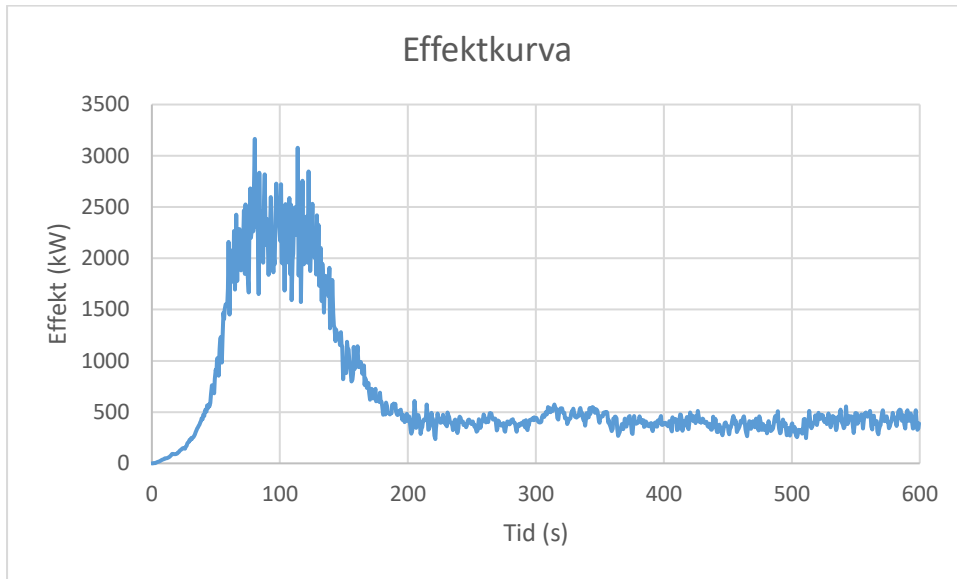


Frame: 0
Time: 0.0

mesh: 1

Figur 15: Geometrin för simuleringen i FDS där butiker befinner sig inom väggarna och gångstråket kan ses i mitten.

Nedan i Figur 16 redovisas den simulerade effektkurvan för scenariot.



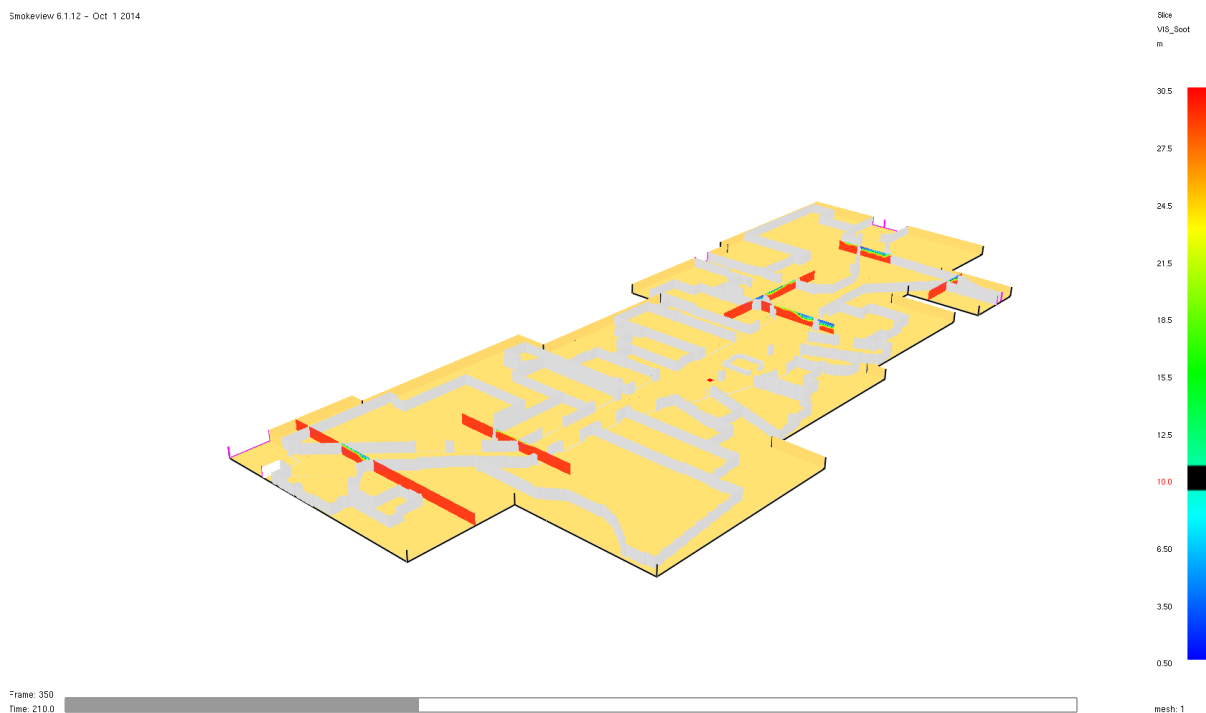
Figur 16: Effektkurva för simuleringen i FDS av scenariot Julgran i gångstråk.

Nedan redovisas de framtagna kurvorna för olika parametrar och element som erhållits från simuleringen av brandscenariot i FDS. En del parametrar kommer det att föras ett kvalitativt resonemang kring då det inte är illustrativt att redovisa det genom figurer. Till att börja med kommer det att redovisas siktbarheten på 2 meter och 1,8 meter över golvnivå och temperaturen på 1,95 meter. Dessa parametrar kan likställas med brandgaslagrets höjd, dvs blir inte temperaturen tillräckligt hög eller sikten tillräckligt dålig så kan även kriteriet för brandgaslagrets höjd anses vara godkänt från kritiskt förhållande. Sikten mäts i skalan meter som benämner hur många meter sikt en person har vid just den punkten. Det röda värdet på skalan symboliserar att en person ser cirka 30 meter fram, vilket kan benämnas som en god sikt. Det blåa värdet på skalan symboliserar att en person ser cirka 0 meter framför sig vilket benämns som dålig sikt. På skalan är den kritiska nivån för siktbarhet, 10 meter markerat med svart och det kommer även att synas i figuren var det svartmarkerade området är, alltså var sikten är kritisk.

Figur 17 visar siktbarheten vid en höjd på 2,0 meter över golvnivå efter 210 sekunder. Vid 210 sekunder befinner sig alla människor minst 30 meter bort från branden och 20 sekunder senare befinner sig alla vid någon av entréerna. Det svartmarkerade området som indikerar att kritiska nivåer för siktbarheten uppnås syns inte vid någon av mätytorna. Innan 210 sekunder så uppstod inga kritiska förhållanden med avseende på siktbarheten. För att se entréernas placering hänvisas till Figur 2.

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

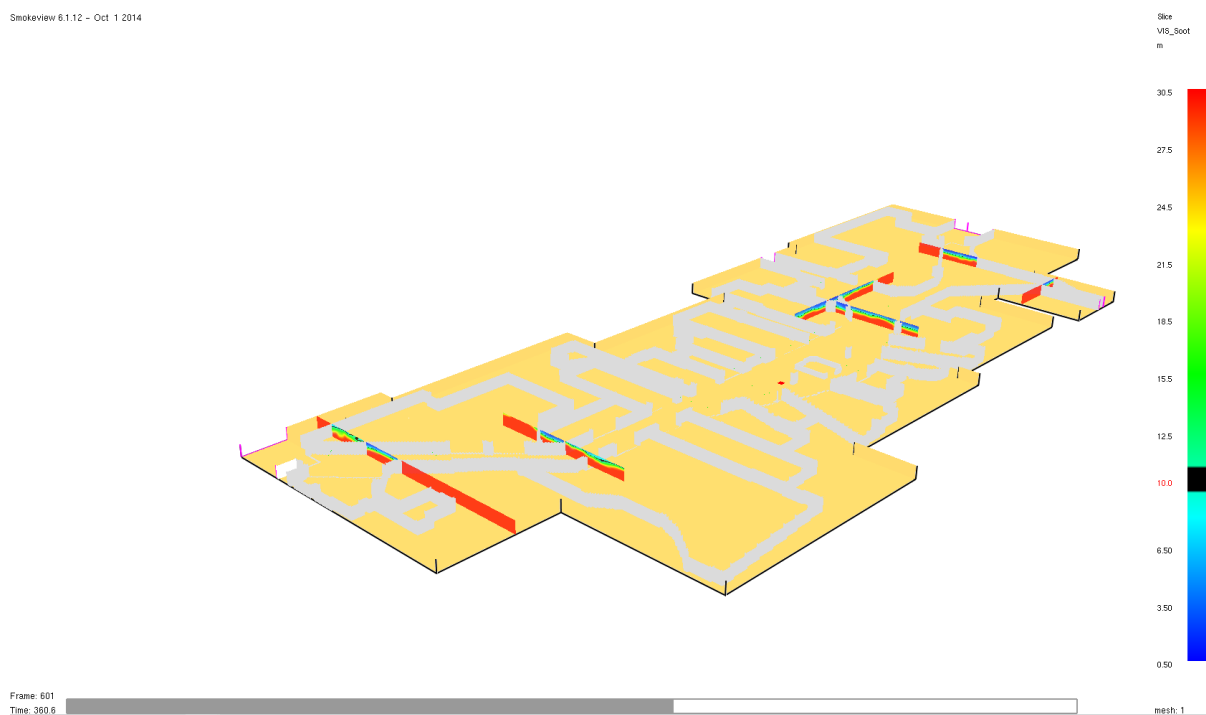
Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 17: Översikt där siktbarheten representeras vid en höjd på 2,0 meter över golvnivå efter 210 sekunder. Det svartmarkerade är gränsen för kritisk nivå för siktbarheten.

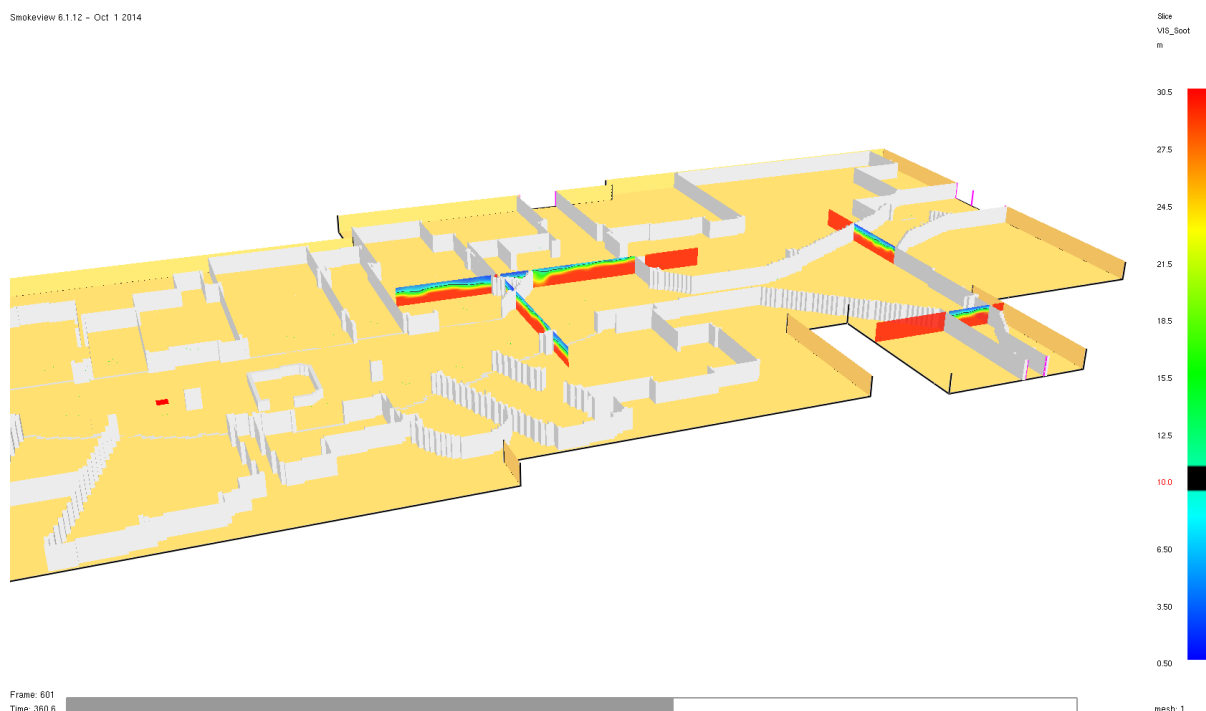
Figur 18 representerar en översikt där siktbarheten representeras av färgskalan till höger i figuren. Siktbarheten har tagits på höjden 2,0 meter över golvnivå vid 360 sekunder. Entréerna 3 och 4 ger kritiska nivåer för siktbarheten. Detta illustreras genom färgerna under den svarta markeringen i skalan som indikerar kritiska nivåer.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 18: Översikt där siktbarheten representeras vid en höjd på 2,0 meter efter 360 sekunder. Det svartmarkerade området är gränsen för kritisk nivå. Kritisk nivå uppstår vid Entré 3 och 4.

Figur 19 visar en översikt för Entré 3 och 4. På en höjd 1,8 meter över golvnivån ses nästan inga kritiska nivåer gällande siktbarhet.

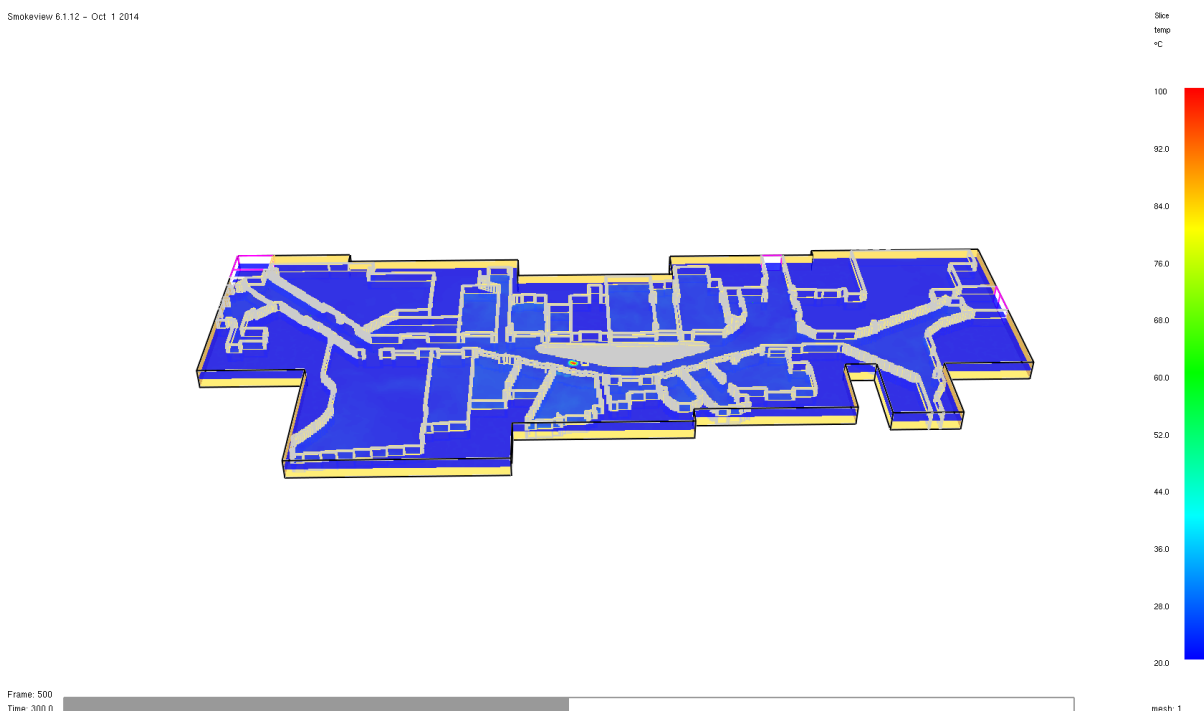


Figur 19: Översikt där siktbarheten representeras vid en höjd på 1,8 meter för Entré 3 och 4 vid 360 sekunder. Det svartmarkerade området är gränsen för kritisk nivå gällande siktbarhet.

Temperaturen i köpcentret redovisas nedan genom en representativ bild i Smokeview, se Figur 20. Temperaturskalan ses till höger på bilden och är mellan 20-100 °C. Temperaturen mäts på höjden 1,95 meter över golv och 300 sekunder efter brandens start. Noterbart är att temperaturen var nästintill identisk oavsett vilken tid under brandförloppet som valdes. Då temperaturen för brandgaslagrets höjd aldrig blir högre än cirka 20-30 °C är det även en indikation att den kritiska nivån för värmestrålning för en längre exponeringstid, 2,5 kW/m² aldrig uppnås.

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 20: Temperaturen i köpcentret efter 120 sekunder vid 1,95 meter.

FED som mäter toxiciteten från branden blir ytterst lågt värde vid alla ingångarna vilket gör att det kritiska värdet 0,3 för FED inte uppnås. De största värdena för FED uppgick till 0,01-0,001 och redovisas därmed inte med figur, se Bilaga 4 – Julgran i gångstråk FDS. I Figur 21 redovisas en bild på rökspridningen vid rökdetektorns aktivering.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 21: Rökspridningen vid rökdetektion efter cirka 21 sekunder.

Nedan visas en bild för rökspridningen vid sprinkleraktivering i Figur 22.



Frame: 110

Time: 66.0

mesh: 1

Figur 22: Rökspridning vid sprinkleraktivering efter cirka 66 sekunder.

Tiderna för sprinkleraktivering och rökdetektion med avseende på FDS presenteras i Tabell 3: Rökdetektion och sprinkleraktivering från simuleringen i FDSTabell 3.

Tabell 3: Rökdetektion och sprinkleraktivering från simuleringen i FDS.

<i>Parameter</i>	<i>Tid (s)</i>
Rökdetektion	21
Sprinkleraktivering	66

Utrymningssimulering

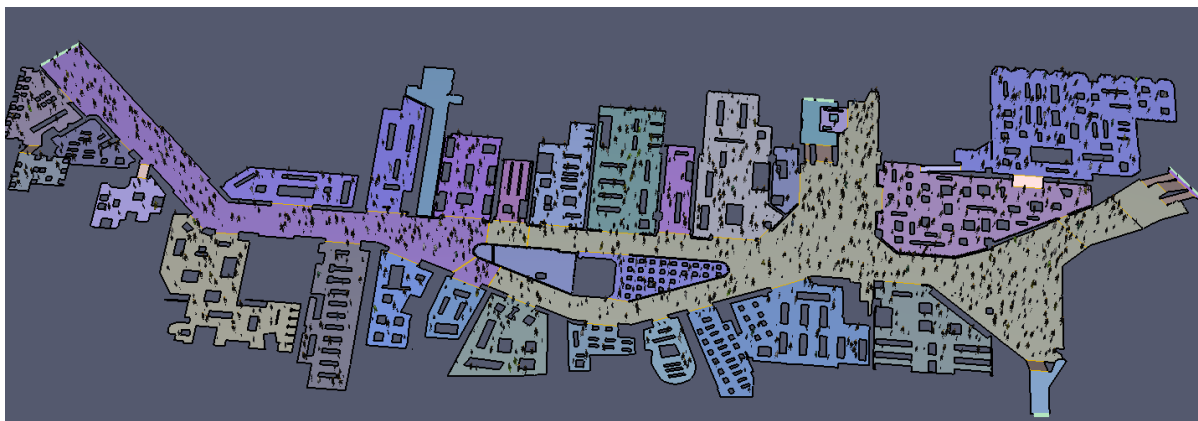
För utrymningen simulerad i programmet Pathfinder gjordes en del förenklingar vad gäller lokalen och vissa antaganden gällande besökarna.

Reaktionstiden för galleriäbesökarna antogs skilja sig bland de som kan se branden och de som inte kan se branden (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000). Dessutom antas besökarna välja utrymningsväg som leder ifrån branden. Detta är rimligt då människor vill ta sig ifrån en fara, inte gå emot den. Besökarna väntas ha dålig lokalkännedom och använder således huvudingångarna som utrymningsväg (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000). Då Entré 2 nås genom en smal utgång anses den inte vara en huvudentré och används således inte vid utrymning. Scenariot antas äga rum på vintern, där angivna axelbreddsmått ökats med 10cm för att ta hänsyn till vinterjackor och detta för att vara konservativ.

Roterdörrarna vid huvudentréerna behandlas som vanliga dörrar i Pathfinder. Detta förväntas inte ha någon inverkan på resultatet, eftersom roterdörrarna stannar vid larm, och mittensektionen av dörren trycks upp och skapar en öppning med måtten angivna i programmet.

Antalet personer antas enligt BBR uppgå till 0,5 personer per kvadratmeter erforderlig golvyta. För simuleringens del innebär det 1508 personer, vilket är rimligt i då anläggnings-skötaren (Isoaho, 2017) uppskattar maximalt antal besökare till runt 1500, vilket uppnås en till två gånger per år.

I Figur 23 nedan presenteras en översikt för Punkt i programmet Pathfinder. De mörka fälten i lokalerna representerar golvyta som inte är disponibel till förflyttning där produkter, bord och annat som finns beläget i butikerna står.



Figur 23: Gallerian Punkt representerad i utrymningsprogrammet Pathfinder.

I Tabell 4 presenteras tiderna för varje del av utrymningen. För fullständig indata se Bilaga 2 - Pathfinder.

Tabell 4: Resultat av utrymningstider för scenariot Julgran i gångstråk.

	Tid [s]
Reaktion + Förflyttning	352
Varseblivningstid (Rökdetektion)	21
Total Utrymningstid	373

Efter 160 sekunder har köbildning startat vid Entré 3. Efter 210 sekunder är sista personen mer än 30 meter bort från branden. Efter 230 sekunder är alla antingen ute ur Punkt eller i kö till en utgång. Under 213 sekunder är det alltså köbildning vid Entré 3. Detta understiger med stor marginal den maximala kötid på 8 minuter enligt BBRAD (Boverket, 2013).

Vid Entré 1 finns den enda utrymningsvägen som är frångänglig och då branden är placerad i mitten av gångstråket kommer inte alla besökare att kunna nå denna utgång. Rapporten har avgränsat sig från den södra korridoren som även har utrymningsmöjligheter. Dock är denna utrymningskorridor inte frångänglig för rörelsehindrade då trappor befinner sig i utrymningsvägen. Eftersom det inte uppstår kritiska förhållanden enligt FDS-simuleringen kan människor passera branden. Dock är det osannolikt att folk väljer att försöka passera branden med tanke på brandens omfattning. Människor med rörelsehindrande funktionsnedsättning antas därför inte passera branden och kan därför utsättas för kritiska förhållanden då deras utrymningstid kan antas vara mycket längre än tiden som FDS-simuleringen varar. Utrymningstiden för personer med rörelsehindrad funktionsnedsättning kan därför inte anges. Resultaten för utrymningssimuleringen, presenterade i Tabell 4 speglar således endast den tid det tar för människor som inte har en rörelsehindrande funktionsnedsättning.

Utifrån simuleringen kan det även ses att besökarna går bort ifrån branden och ingen köbildning sker runt branden. Kriteriet för långtidsstrålning är att efter 30 sekunder eller mer på 2,5 kW/m² utsätts personer för fara. Detta kriterium nås inte då det endast sker en passage av branden för att utrymma som antas ta betydligt mindre tid än 30 sekunder.

Resultat

Utgångspunkten i resultatet kommer vara att redovisa de framtagna resultaten för simuleringen i FDS och handberäkningar, samt resultaten för utrymning baserat på utrymningssimuleringen i Pathfinder. Vidare kommer dessa resultat vägas samman för att utläsa om kritiskt förhållande uppstår innan utrymningen är färdigställd. Nedan i Tabell 5 presenteras värden på de kritiska parametrar som bestämmer om personsäkerheten vid utrymning uppfylls. Då de kritiska parametrarna har blivit definierade med ett specifikt värde som bestämmer om kritiska förhållanden uppnås eller ej kommer tabellen endast att hantera den frågeställningen och inga specifika uppnådda värden kommer att presenteras.

Tabell 5: Redovisning av undersökta parametrar för scenario Julgran i gångstråk och huruvida de uppnådde kritiska nivåer eller ej.

Kritisk parameter	Kritiska värden	Uppnår kritiska nivåer? (ja/nej)	Tid till kritiska nivåer	Tidsskillnad
Värmestrålning (lång exponeringstid)	>2,5 kW/m ²	Nej	-	-
Värmestrålning (kort exponeringstid)	>12,5 kW/m ²	Nej	-	-
Temperatur	>100°C	Nej	-	-
Brandgaslagrets höjd	<1,8 m	Ja	-	-
Toxicitet: Syrgashalt	15 vol%	Nej	-	-
Koldioxid	4 vol%	Nej	-	-
Kolmonoxid	1200 ppm	Nej	-	-
Siktbarhet	<10 meter	Ja	-	-

För scenario Julgran i gångstråk är det även brandgaslagrets höjd och siktbarheten som uppnår kritiska nivåer. För dessa två parametrar anges ingen tid till kritiska nivåer och detta för att de är beroende av sin placering i gallerian och även var människor som utrymmer befinner sig vid tidpunkten. Kritiska förhållanden kommer att ske närmare branden men är även beroende av om människor befinner sig där vid just den tidpunkten. Det går därför inte att anta en generell tid för kritisk nivå och de benämns därför bara som kritiska parametrar. Vid 210 sekunder befinner sig alla minst 30 meter från branden och 20 sekunder senare befinner sig de flesta människor i en köbildning vid entréerna. Figur 17 visar att vid denna tidpunkt uppstår inga kritiska nivåer gällande sikten inom gångstråket. Detta innebär att det efter 230 sekunder befinner sig alla personer vid någon av entréerna, och därför är siktbarheten inte längre väsentlig för utrymningen.

Siktbarheten når endast kritiska nivåer vid Entré 3 och 4 vid en senare tidpunkt på 360 sekunder. Valet av 360 sekunder grundar sig på att sista personen har passerat mätytorna efter 373 sekunder, och då anses det vara skäligt att tänka sig att personerna befinner sig i området omkring tiden 360 sekunder. Då kriteriet gäller för 10 meters sikt och vid dessa entréer är det endast ett fåtal meter till utgång anses inte siktbarheten vara en kritisk parameter för scenario Julgran i gångstråk.

För brandgaslagrets höjd har siktbarheten använts som en indikation angående kritiska nivåer. Brandgaslagrets höjd har en kritisk nivå vid 1,8 meter över golvnivå och siktbarheten mäts vid höjden 2,0 och 1,8 meter. Det kunde urskiljas en förändring av det svartmarkerade området som är gränsen

för den kritiska nivån. Det svartmarkerade området hade minskat och låg endast i den övre gränsen av bilden vilket indikerar att kritiska nivån för siktbarheten befinner sig mellan 2,0-1,8 meter över golvnivån. Då det kritiska värdet för brandgaslagrets höjd är ett konservativt värde och i simuleringen har även ett flertal konservativa värden angetts anses den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd inte uppnås under tiden för utrymning. För detta scenario kommer det därmed inte att presenteras ett avsnitt gällande scenario efter åtgärd då inga kritiska nivåer uppnås.

Den kritiska nivån för saltsyra redovisas inte i tabellen ovan och detta för att den är specifik för förbränning av PVC. Då brandgaslagrets höjd inte når kritiska nivåer, alltså inte når längre än till 1,8 meter över golvnivån betyder det att människorna som utrymmer inte befinner sig i brandgaslagrets och utsätts därmed inte för kritiska nivåer för saltsyra, HCl.

Åtgärdsförslag

För scenario Julgran i gångstråk är det endast toxiska nivåer av saltsyra som ger kritiska förhållanden för personsäkerheten. Då saltsyra endast bildas när PVC förbränns är åtgärdsförslaget för detta scenario att byta ut julgranen som består av PVC till något annat material som inte bildar saltsyra eller liknande toxiska ämne. Då detta är ett förslag som reducerar risken totalt kommer ingen ny simulering att användas för att validera åtgärdsförslaget.

Scenario 2 - Espresso house

I detta kapitel presenteras Espresso House-scenariot, beräkningar, simuleringar samt deras resultat. För att få en så bra riskvärdering som möjligt utfördes beräkningarna med hjälp av simuleringsprogram, men även för hand. Detta ger därför möjligheten till att verifiera resultaten.

Scenariobeskrivning

En eventuell brand i Espresso House kan uppstå i en kvarglömd sopsäck placerad intill papperskorgen, som är placerad vid möbelgruppen, se Figur 24. Statistik enligt MSB, se Figur 4 visar att de vanligast förekommande antändningskällorna är anlagd brand eller tekniska fel. Då sopsäcken står intill en fåtölj antas denna också antändas i direkt anslutning till sopsäckens antändning.

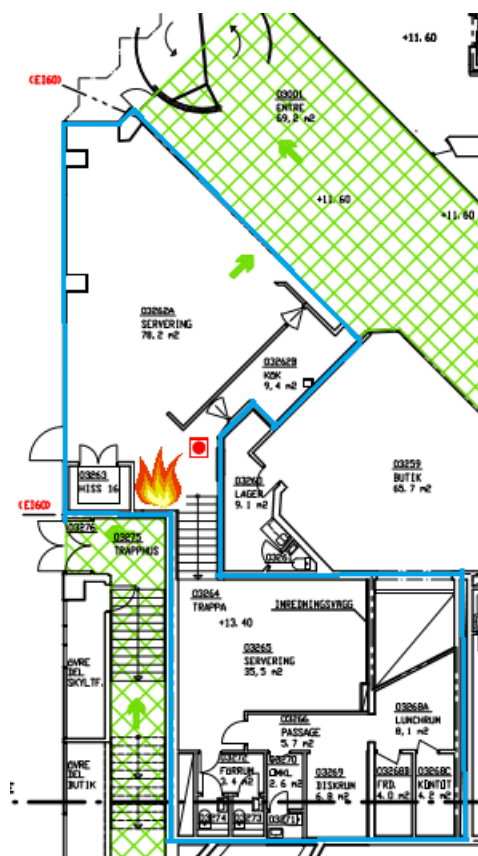
Branden antas inte släckas av personalen. De andra två fåtöjlarna i möbelgruppen kommer därefter antändas när de utsetts för tillräckligt hög strålning. Under brandförloppet kommer sedan sprinklersystemet att utlösas och en begränsning av effektutvecklingen kommer att tillta. Butikens uppbyggnad gör att utrymning från övre våningen måste ske förbi trappan som är placerad intill ovan beskrivna möbelgrupp. I vidare analys av scenariot studeras endast de individer som befinner sig på övre våningen, då besökare på första våningen och resten av köpcentrumet antas kunna utrymma på ett säkert sätt.

Figur 24 nedan visar möbelgruppen och papperskorgen som utlöser scenariot.



Figur 24: Bild på trappa, möbelgrupp och papperskorg som ingår i scenariot på Espresso House. Foto: Erika Lövström, 2017.

Figur 25 nedan visar en kartbild på Espresso House samt var branden i möbelgruppen är placerad.



Figur 25: Kartöversikt av Espresso House-scenariot, brandens placering markeras i bilden med en flamma.

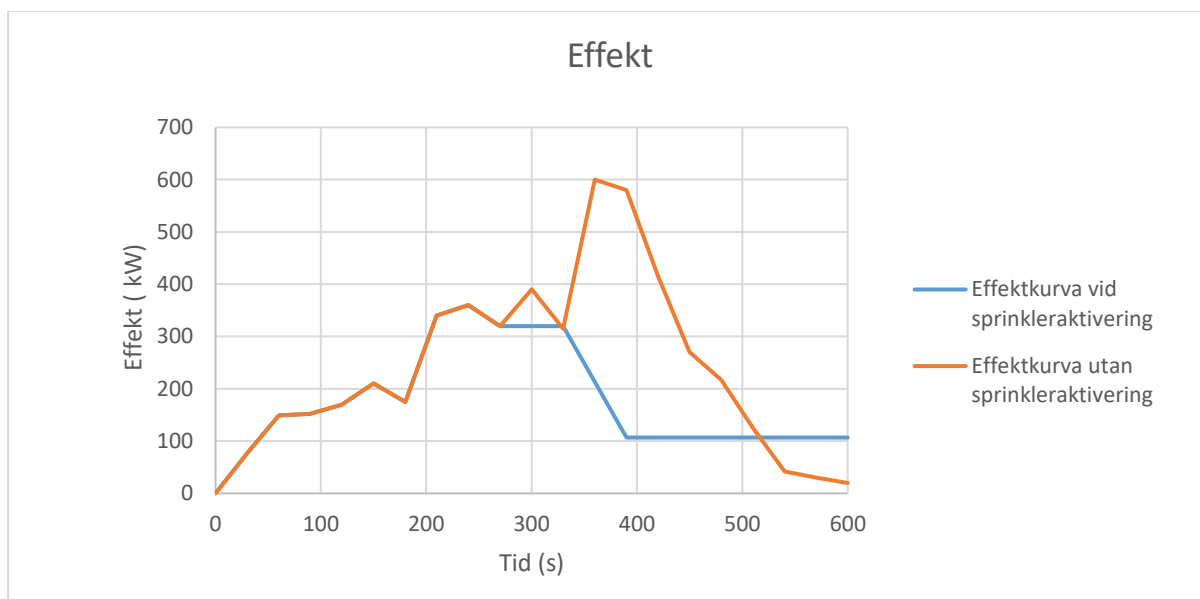
För att kvantifiera scenariot ytterligare dimensionerades det genom att ta fram ett fullständigt brandförlopp i en effektkurva, där indata hämtades från Initial Fires (Särdqvist, Initial Fires, 1993). Det gjordes parallellt beräkningar i DETACT T2 för att ta fram tid till sprinkleraktiveringen och handberäkningar gjordes för att ta reda på när de andra fåtöljerna i soffgruppen antändes. Scenariot simulerades sedan i Argos för att kunna se om de framtagna kritiska förhållandena uppnås, och i så fall när de uppnås. Parallellt studerades och simulerades utrymningen av övre våningen med hjälp av Pathfinder. I diskussionen kopplas dessa delar sedan ihop för att kunna göra en jämförelse av om de kritiska förhållandena uppnås innan utrymningen anses klar.

Effektutveckling

För att få fram en effektkurva användes data ur Initial Fires (Särdqvist, Initial Fires, 1993), som bedöms likna det aktuella scenariot. Antagandet att papperskorgen och närmaste fåtölj antänds samtidigt gjordes. Handberäkningar användes för att beräkna när de andra fåtöljerna i möbelgruppen antändes, varefter de blir väsentliga för brandförloppet och effektutvecklingen. Ett representativt värde för den strålningsintensiteten som många mottagande föremål behöver få emot sig för att antändas är 20 kW/m^2 (Babrauskas, 1981). Föremål som antänds genom infallande strålning har oftast en fördröjningstid från att den når sin strålningsintensitet tills att den antänds (Babrauskas, 1981). I detta scenario har ingen fördröjningstid antagits då fåtöljerna redan från en tidig början utsätts för en hög strålningsintensitet på grund av deras nära placering vid varandra.

Innan effektkurvan ovan sammanställdes så beräknades tid till sprinkleraktivering (Molinelli, 2017). Den framtagna tiden till spinkleraktivering användes sedan i effektkurvan för att kunna följa effektutvecklingen efter sprinkleraktivering. Sprinkler aktiverades efter cirka 270 sekunder. Enligt (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011) begränsas sedan

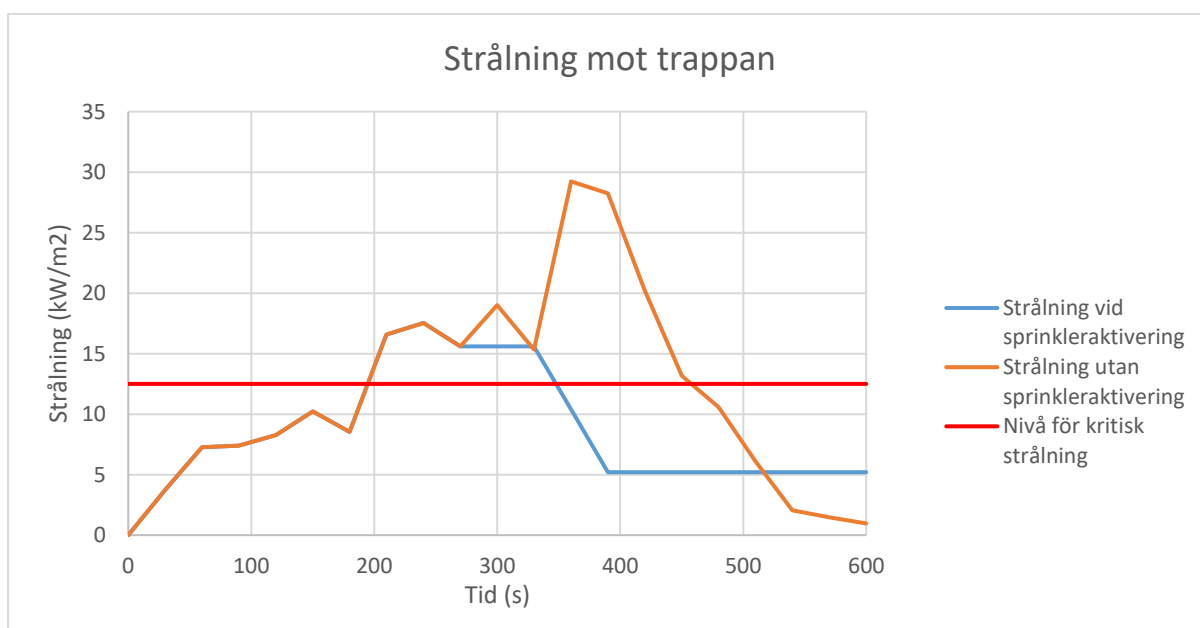
effektutvecklingen. För mer detaljerad beskrivning av begränsningen efter sprinkleraktivering, se kapitel 6. Figur 26 nedan presenterar effektkurvan, både med och utan sprinkleraktivering.



Figur 26: Effektkurva för möbelgruppen på Espresso House.

Handberäkningar

Handberäkningar användes för att beräkna effektutvecklingen och strålningsnivåer för möbelgruppen. Som beskrivit ovan är det endast papperskorgen och en fåtölj som antänds först och strålningsberäkningar har därför används för att beräkna om de andra två fåtöjlerna antänds och när i så fall. Dessa beräkningar ligger till grund för effektutvecklingen, se Figur 26 och för strålningsnivåer mot trappan, se Figur 27 nedan. För fullständiga beräkningar, se Bilaga 5 – Espresso House.



Figur 27: Strålningskurva av infallande strålning mot trappan i Espresso House.

Ovan i Figur 27 presenteras den infallande strålningen mot trappan som har beräknats med hjälp av Ekvation 3. Kritisk värmestrålning för en kort exponering som är $12,5 \text{ kW/m}^2$ uppnåddes efter cirka 200 sekunder och är fortsatt kritisk till sprinklern aktiveras och ger en minskning av brandens utveckling och därmed den infallande strålningen. När tiden är cirka 350 sekunder har den infallande strålningen minskat till nivåer som inte är kritiska.

Brandsimulering

För att analysera scenariot ytterligare användes simuleringsprogrammet Argos för att kunna kvantifiera de andra parametrarna i brandförloppet som används för kritiska nivåer och som potentiellt kan påverka utrymningen och personsäkerheten. Programmets begränsning gjorde att det inte gick att göra en fullständig simulering av geometrin, eftersom det inte tillåter nivåskillnader. Därför gjordes det en simulering på övervåningens area för att på ett konservativt sätt kunna studera brandgasspridning och de andra potentiellt kritiska parametrarna, se Tabell 2. Detta är konservativt eftersom i verkligheten sprider sig röken åt båda håll (uppför trappan och nedför) men i Argosimuleringen sprids all rök i den delen av lokalen som simuleras. Den del som simuleras har en takhöjd på 2,4 meter men där branden är placerad är takhöjden på 3,5 meter. Vidare i rapporten kommer simuleringarna baseras på takhöjden på 2,4 meter för att vara konservativa som tidigare nämnts. Vid sprinkleraktivering samt rökdetektionsaktivering används takhöjden på 3,5 vilket speglar höjden på nedanvåningen där branden är placerad. Maximal effektutveckling och tillväxthastighet har tagits från Figur 26, där tillväxthastighetens har justerats och beräknats med hjälp av Ekvation 1. Värden som användes för simulering i Argos framgår i Tabell 6 nedan.

Tabell 6: Indatavärden använda i simuleringen i Argos.

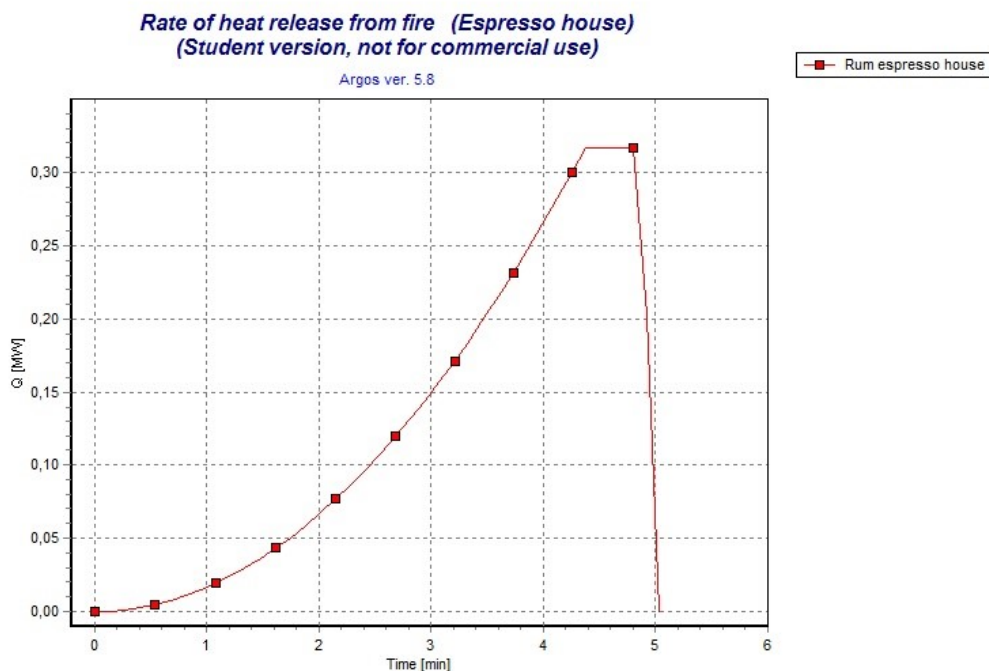
Parameter	Värde
Maximal effektutveckling	0,60 MW
Tillväxthastighet	0,0161 MW/min ²
Area i rummet	96 m ²
Höjd	2,4 m
RTI för sprinkler	50
Aktiveringstemperatur för sprinkler	68 °C

I Tabell 7 anges resultat av simuleringen som gjordes med en takhöjd på 3,5 m, detta för att kunna beräkna tid till detektion och sprinkleraktivering. Liksom tidigare sagts att branden är placerad där takhöjden är 3,5 meter.

Tabell 7: Resultat av simulering i Argos med 3,5 meter takhöjd istället för 2,4 meter.

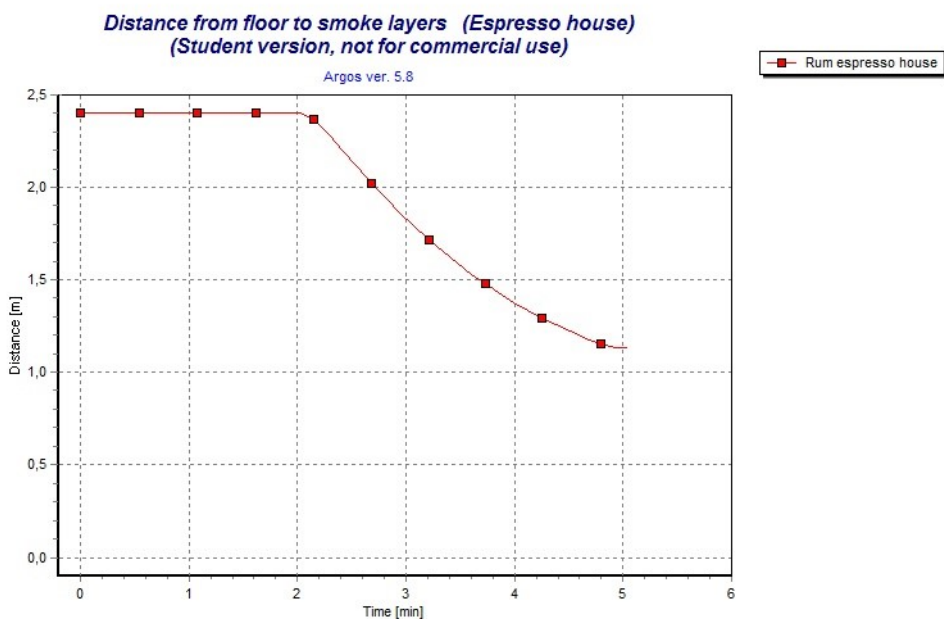
Händelser	Värde (s)
Tid till detektion	105
Tid till sprinkleraktivering	324

Figur 28 visar effektutvecklingen från branden i möbelgruppen. Som kan utläsas ur figuren aktiveras sprinkler vid 4 min 22 sekunder.



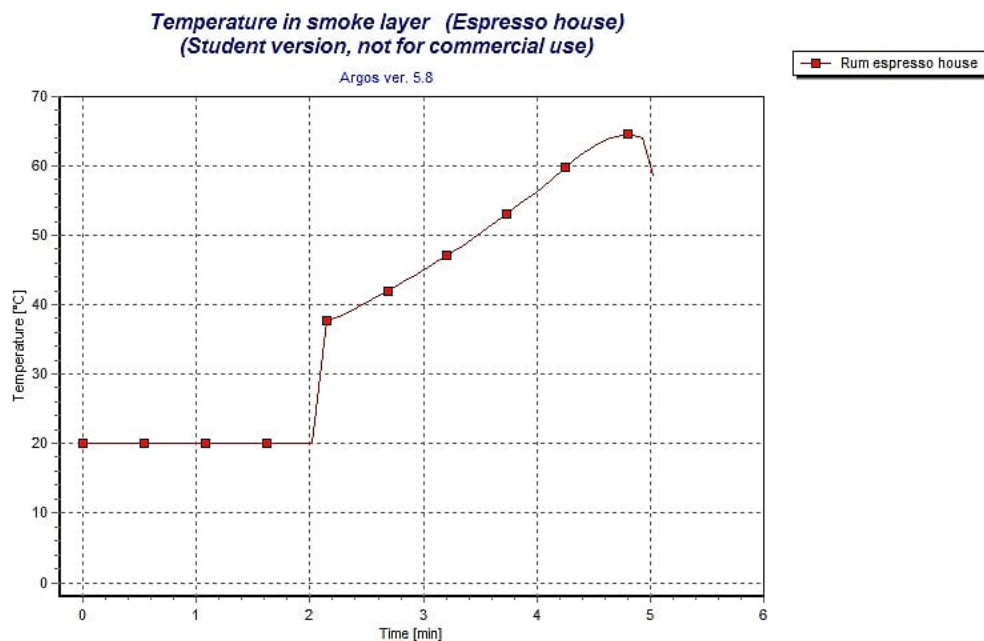
Figur 28: Heat release rate från branden beräknat av Argos.

Figur 29 visar brandgaslagrets höjd. Vid cirka 2 minuter börjar brandgaslagret sjunka och efter cirka 3 minuter når den kritiska nivån som är 1,8 meter.



Figur 29: Avstånd från brandgaslagret till golvet enligt Argos.

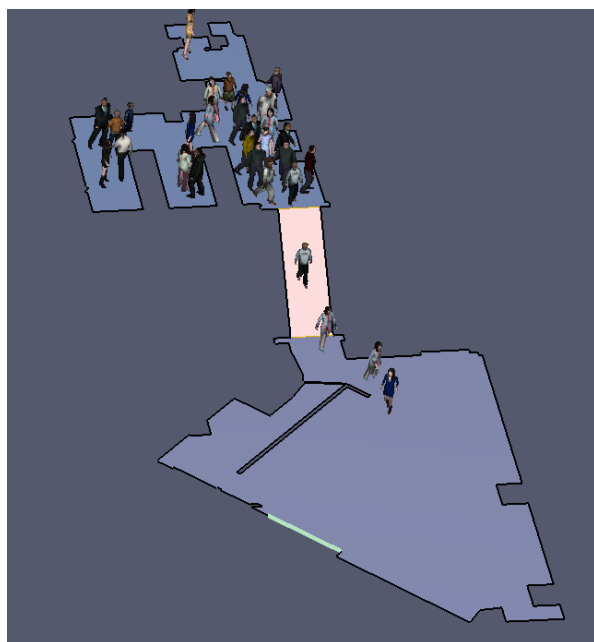
I Figur 30 nedan presenteras temperaturen i brandgaslagret i Espresso House. Eftersom Argos bygger på tvåzonsmodell kommer det kalla lagret (under brandgaslagret) alltid vara rumstempererat i modellen.



Figur 30: Temperaturen i brandgaslagret enligt Argos.

Utrymningssimulering

Besökarna på caféet antas vara försjunkna i fiket och märker därav inte branden förrän larmet går. Detta ger ett konservativt värde på utrymningstiden. Caféet antas vara fullsatt, vilket är rimligt i rusningstider och innebär 30 besökare på ovanvåningen. Innan utrymningen påbörjas antas besökarna ta på sig sina vinterjackor som ökar axelbredden med 10 cm. Detta för att vara konservativ i utrymningssimuleringen. Tiden det tar att ta på jackorna är dock inbakad i beslutstiden. I simuleringen antas folk vara utrymda då de lämnar fiket, eftersom deras utrymning då inte längre hotas av branden. Utrymningstiden är den tid det tar för samtliga besökare att lämna lokalen. Figur 31 presenterar hur lokalen på Espresso House och dess besökare har simulerats i programmet Pathfinder.



Figur 31: Utrymning för scenario Espresso House representerad i Pathfinder.

Ur Tabell 8 nedan framgår att den totala utrymningstiden är 213 sekunder. Rökdetektionstiden är baserad på Argos simuleringen som gjorts med 3,5 meter takhöjd, se Tabell 7. Denna aktiveringstid valdes på grund av att de andra värdena bygger på Argosresultat. För indatavariabler, se Bilaga 2 - Pathfinder.

Tabell 8: Resultat för Pathfinder-simulering, tid till aktivering av rökdetektor samt total utrymningstid.

	Tid [s]
Reaktion + Förflyttning	108
Varseblivning (Rökdetektion)	105
Total Utrymningstid	213

Utifrån simuleringen kan det även ses att besökarna går förbi branden och ingen köbildning sker runt branden. Köbildning sker endast ovanför trappan. Kriteriet för långtidsstrålning säger att efter 30 sekunder eller mer på 2,5 kW/m² utsätts personer för fara. Eftersom det endast sker en passage av branden kommer ingen person utsättas för långtidsstrålning och därmed nås inte detta kriterium.

Resultat

Utgångspunkten i resultatet kommer vara att redovisa de framtagna resultaten för simuleringen i Argos och handberäkningar, samt resultaten för utrymning baserat på utrymningssimuleringen i Pathfinder. Vidare kommer dessa resultat vägas samman för att utläsa om kritiskt förhållande uppstår innan utrymningen är färdigställd. Nedan i Tabell 9 presenteras värden på de kritiska parametrar som bestämmer om personsäkerheten vid utrymning uppfylls. Då de kritiska parametrarna har blivit definierade med ett specifikt värde som bestämmer om kritiska förhållanden uppnås eller ej kommer tabellen endast att hantera den frågeställningen och inga specifika uppnådda värden kommer att presenteras.

Tabell 9: Tabell över undersökta parametrar för scenario Espresso House och huruvida de uppnådde kritiska nivåer eller ej.

Kritisk parameter	Kritiska värden	Uppnår kritiska nivåer? (ja/nej)	Tid till kritiska nivåer	Tidsskillnad
Värmestrålning (lång exponeringstid)	>2,5 kW/m ²	Nej	-	-
Värmestrålning (kort exponeringstid)	>12,5 kW/m ²	Ja	200	-13 s
Temperatur	>100 °C	Nej	-	-
Brandgaslagrets höjd	<1,8 m	Ja	192	-21 s
Toxicitet:				
Syrgashalt	15 vol%	Nej	-	-
Koldioxid	4 vol%	Nej		
Kolmonoxid	1200 ppm	Nej		

Enligt tabellen ovan uppnås det kritiska förhållanden i scenariot. Värmestrålningen med den korta exponeringstiden uppnår kritiska nivåer när människorna som befinner sig på ovanvåningen ska

passera den nedersta delen av trappan vid sin utrymning. Detta sker vid 200 sekunder vilket gör att alla människor inte hinner utrymma, då den totala utrymningstiden är 213 sekunder. Efter 192 sekunder har den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd uppnåtts vilket sker 21 sekunder före alla personer har hunnit förbi det brinnande objektet. Denna höjd överstiger den kritiska nivån, vilket bidrar till att personsäkerheten inte längre kan hållas. För att kunna säkerställa en säker utrymning för människorna som befinner sig i köpcentrumet Punkt kommer därför ett åtgärdsförslag med nya simuleringar presenteras nedan. Detta åtgärdsförslag kommer sedan utvärderas för att undersöka om kritiska förhållanden sker eller om utrymningen kan anses vara säker.

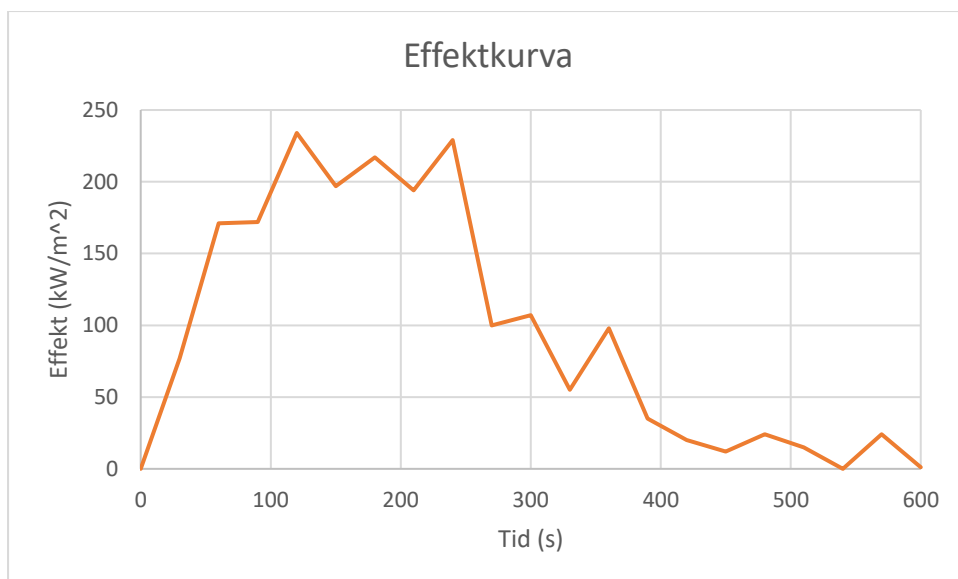
Scenario efter eventuell åtgärd

För scenariot Espresso House var det parametern värmestrålning under kort exponeringstid och brandgaslagrets höjd som gav kritiska förhållanden. I simuleringen har det gjorts ett konservativt antagande angående att hela andelen av brandgaser förflyttas upp till ovanvåningen även fast branden är lokaliserad på nedanvåningen. Detta motsvarar inte verkligheten då en viss andel av brandgaserna kommer befinna sig på nedanvåningen istället för ovanvåningen på Espresso House. Kritiska nivåer för brandgaslagrets höjd nås 21 sekunder innan alla människor hinner utrymma. Denna tid är beräknad när människor befinner sig nedanför trappan och har passerat branden. Då kritiska nivåer för brandgaslagret endast gäller för ovanvåningen och människor anses vara i säkerhet angående parametern brandgaslagrets höjd när de når översta trappsteget så kommer denna kritiska tid att minska. Med dessa förklaringar anses brandgaslagrets höjd inte vara en kritisk parameter för scenario Espresso House.

Det krävs därför endast åtgärder för att minska värmestrålningsnivån till under 12,5 kW/m². De parametrar som påverkar strålningsnivåer är effekten från det brinnande objektet och avståndet mellan det brinnande objektet och punkten där strålningen ska beräknas, se Ekvation 3.

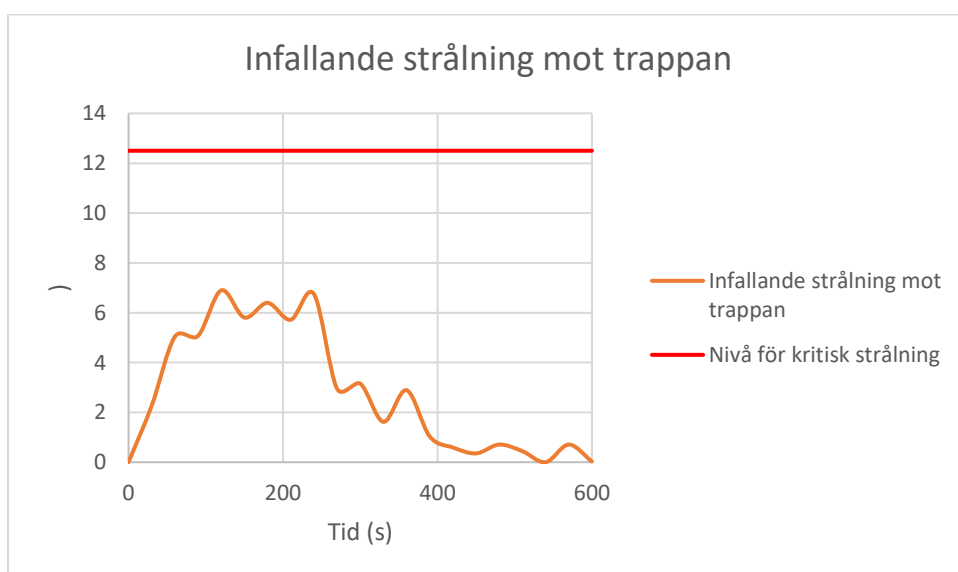
För scenariot kan brandens effekt sänkas genom att avståndet ökas eller att brandbelastningen minskas. Avståndet kan även ökas genom att möbelgruppen flyttas längre bort från trappan. Då Espresso House är en litet café med många sittplatser på de andra ytorna i butiken kan det antas att möbelgruppen inte får plats någon annanstans. Fåtöjlarna kan även minskas i antal eller att de byts ut mot möbler med en mindre brandbelastning. Att byta ut de tre fåtöjlarna mot trästolar, som också finns på Espresso House, skulle leda till att brandbelastningen minskade och därmed skulle den infallande strålningen mot trappan även minska.

Trästolarna som finns på Espresso House bedöms ha en effektutveckling enligt Särqvist (Särqvist, Initial Fires, 1993). På samma sätt som scenariot med fåtöjlarna så har det antagits att branden startar i en papperskorg och att första stolen påbörjar sin effektutveckling samtidigt. De andra två trästolarna kommer sedan att antända då de har en infallande strålning på 20 kW/m² (Babrauskas, 1981). Beräkningar för effektutveckling och strålning mot infallande trappa har beräknats på samma sätt som scenariot med fåtöjlarna. Nedan, i Figur 32, presenteras den nya effektutvecklingen efter åtgärdsförslaget. Sprinkler aktiveras inte under denna tidsperiod.



Figur 32: Effektkurva för scenario Espresso House efter åtgärdsförslag.

Strålningen mot den infallande trappan presenteras nedan, se Figur 33. Det som skiljer sig mellan denna strålningsberäkning och den för fåtöljerna ovan är att avståndet till trappan har ökat med 0,2 meter och detta för att trästolarna är mindre i storlek och tar därför inte upp lika mycket plats. Den maximala infallande värmestrålningen mot trappan och den plats där människor behöver passera för att utrymma uppnår till cirka 7 kW/m² och den maximala värmestrålningen når alltså inte upp till kritiska nivåer.



Figur 33: Infallande strålning mot trappan för scenario Espresso House efter åtgärdsförslag. Sprinkler aktiveras inte under tidsperioden.

Utrymningstiden beräknad med hjälp av Pathfinder börjar då utrymningslarmet aktiveras. Således läggs denna tid till för att få totala tiden till utrymning. Vid undersökning av åtgärdsförslaget antas mängden besökare, deras parametrar och val av utrymningsväg inte påverkas. Därav används samma värden på utrymningstid vid undersökning av åtgärdsförslaget, förutom varseblivningstiden som beräknats på nytt.

Scenario 3 - New Yorker

Nedan beskrivs scenariot i detalj i scenariobeskrivning. Vidare förklaras även resultat från handberäkningar och framtagning av effektkurvor. Simuleringsprogrammen Argos och Pathfinder användes även för framtagning av resultat. Resultaten används sedan för att diskutera personsäkerheten vid utrymning.

Scenariobeskrivning

Bränslepaket i New Yorker består mestadels av galgar i plast och kläder. Butiken är belägen precis vid gångstråkets början vid Entré 1 och har även en ingång/utgång direkt ut till det fria. Markplanet i butiken har gångavstånd nära gränsfallet för utrymning, 40 meter, enligt förenklad dimensionering. En rulltrappa och hiss finns till butikens övervåning. Övervåningen har ytterligare en nivåskillnad med en trappa på cirka 0,5 meter. På nedervåningen finns ett cirkulärt område runt hissen med en smal utgång till resterande del av butiken.

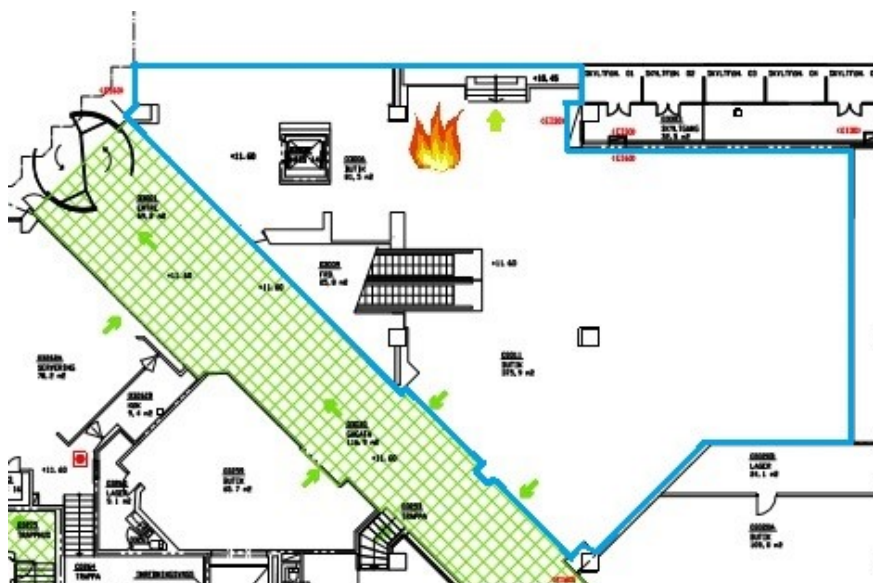
Med tanke på butikens tillgänglighet från gatan anses risken för anlagd brand ökad. I fallet att en anlagd brand skulle ta sig i de två klädstängerna placerade enligt Figur 34 nedan, kan resultatet bli att personer i området runt hissen kan bli hindrade i sin utrymning.



Figur 34: Bild på bränslepaket med omgivning.

Foto: Torbjörn Neckfors, 2017.

Den ovannämnda ”cirkulära delen runt hissen” ligger till vänster om flammen i Figur 35 nedan. Öppningen till den ”cirkulära delen runt hissen” är 4,2 meter bred.

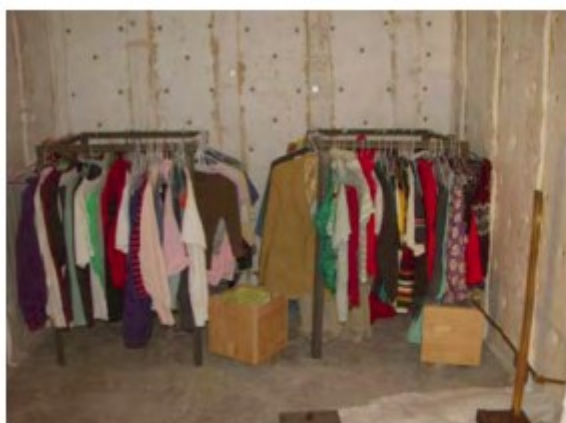


Figur 35: Ritning av New Yorker med placering av branden markerad som låga.

Effektutveckling

I (Bwalya, Zalok, & Hadjisophocleous, 2007) har ett experiment med brinnande klädstänger testats. Dessa klädstänger är de som visas i Figur 36 som kan approximeras till att vara de klädstängerna som brinner i butiken New Yorker. Experimentet gjordes inomhus i en uppbyggnad av tre olika rum. Rummet där klädstängerna var placerade var 3.6 meter brett, 2.75 meter långt och 2.4 meter högt.

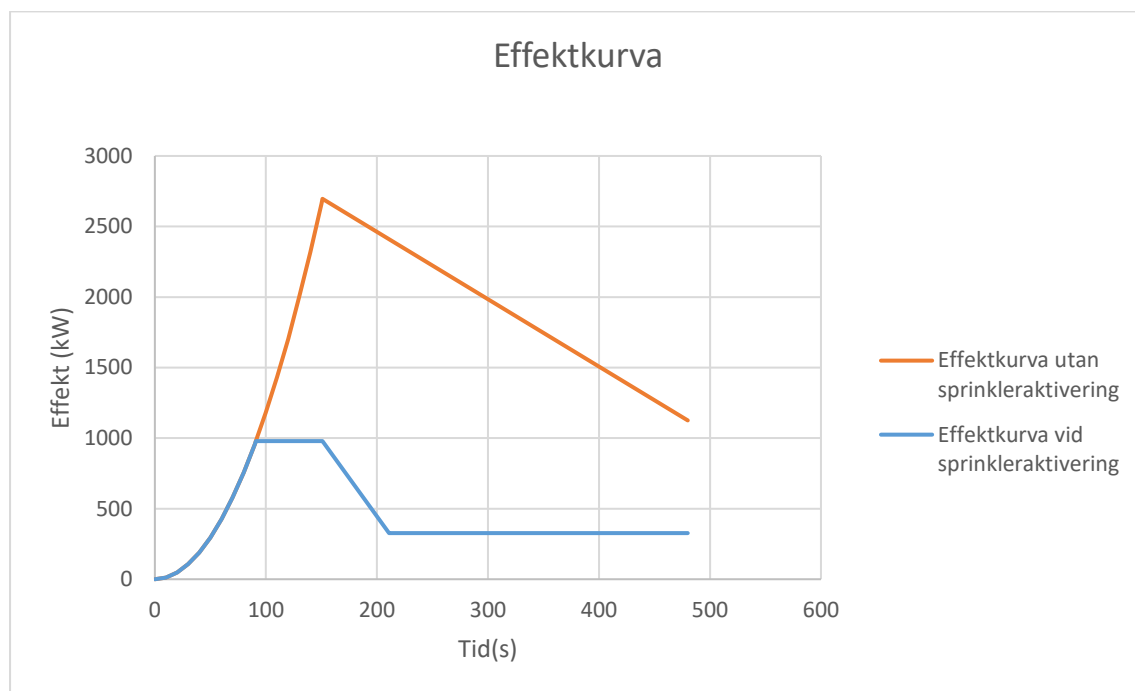
I experimentet användes en T-formad brännare som antändningskälla på 75kW som brann under fyra minuter. Figur 36 visar hur experimentet såg ut. Effektkurvan kunde plottas fram från punkter som redovisades i rapporten för experimentet.



Figur 36: Experimentet med klädstänger ur *Design Fires for Commercial Premises – Results of Phase 2*.

Tiden till sprinkleraktivering beräknades med hjälp av DETACT T2. Vidare beräkning för hur effektkurvan beter sig efter sprinkleraktivering togs fram enligt (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011). För mer detaljerad beskrivning av begränsningen efter

sprinkleraktivering, se kapitel 6 angående sprinkleraktivering. I Figur 37 sker sprinkleraktivering vid cirka 90 sekunder då effekten är cirka 960 kW hög. Klädmassan som brann var på cirka 70 kg och effektkurvan visas nedan i Figur 37.



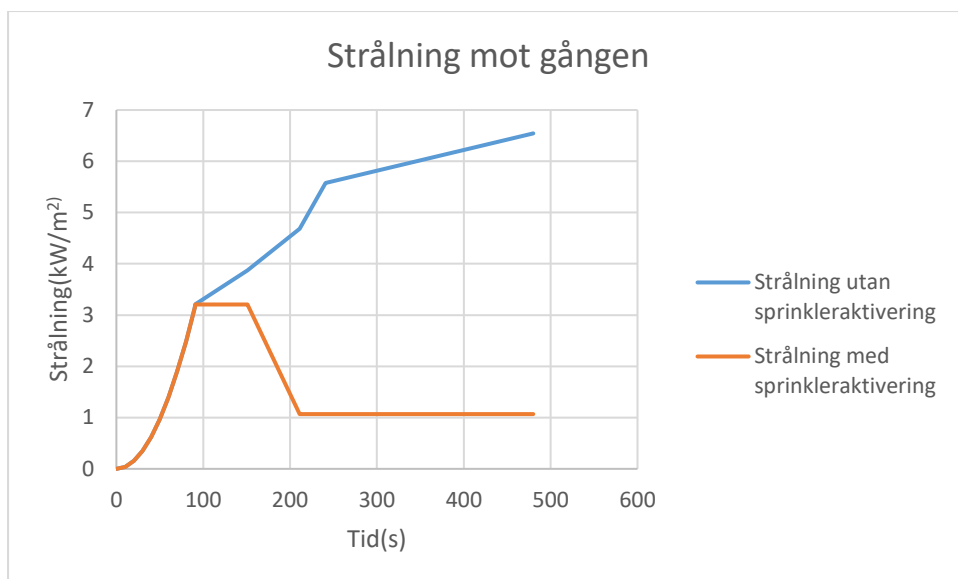
Figur 37: Effektkurva för de två klädstängerna.

Handberäkningar

Handberäkningar användes för att få fram resultat för scenariot. Exempelvis användes Ekvation 3 för att studera om den kritiska nivån för värmestrålning hade uppnåtts. Även tid till detektion räknades fram. Handberäkningarna återfinns i Bilaga 7 – New Yorker. Enligt handberäkningarna kunde det även utläsas att detektorn aktiverades efter 65 sekunder.

Öppningen till den ”cirkulära delen runt hissen” är 4,2 meter bred. Det brinnande klädpaketet är cirka en meter brett och härifrån beräknas strålningen komma från mitten av klädpaketet. För att folk ska kunna gå igenom gången dras även ett avstånd på 0,5 meter bort på grund av axelbredd. Avstånd från brand till andra sidan av gången blir alltså 2,7 meter. Detta avstånd har använts i Ekvation 3 samt i diagrammet nedanför för att få fram strålningen.

Strålningen från klädpaketet uppgår till högst $3,2 \text{ kW/m}^2$ som redovisas i Figur 38 nedan. Eftersom personer passerar gången och inte stannar upp jämförs strålningen endast med den kritiska strålningen för en kortvarig exponering. Den kritiska strålningen för kort exponering är $12,5 \text{ kW/m}^2$, vilket inte uppnås i detta fall.



Figur 38: Strålningskurva av infallande strålning mot gången i New Yorker.

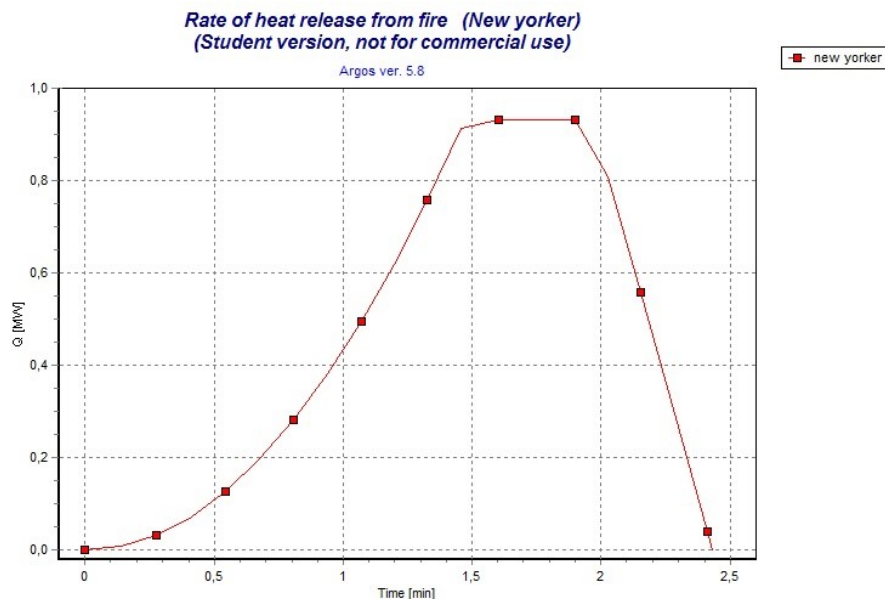
Brandsimulering

För att simulera brandscenariot användes programmet Argos. Ur Argos kan resultat på fler parametrar fås fram än de som beräknas genom handberäkningar. New Yorker består av flera nivåskillnader samt svåröverskådliga geometrier på ovanvåningen. Eftersom branden är placerad på nedervåningen och att programmet har vissa geometriska begränsningar bidrar det till att endast nedervåningen simuleras. En del rök hade i verkligheten gått upp till övervåningen. I scenariot kommer dock endast nedervåningen att tas i beaktning, eftersom det finns utrymningsväg till förfogande på övervåningen. Effektkurvan som användes i Argos är effektkurvan som togs fram i tidigare avsnitt. De parametrar som användes för simulering i programmet Argos presenteras nedan, se Tabell 10.

Tabell 10: Parametervärden som användes vid simulering av New Yorker-branden i Argos.

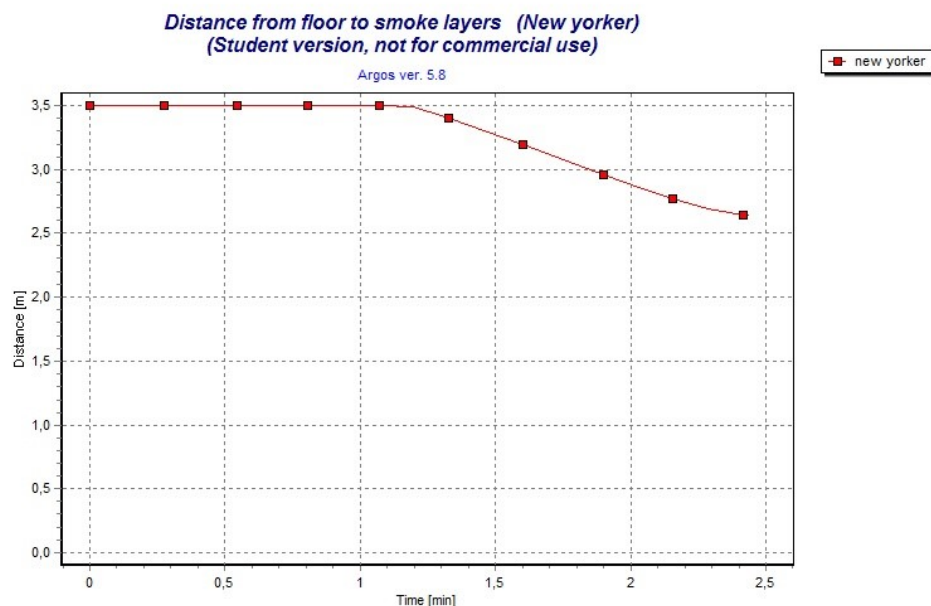
Parameter	Värde
Maximal effektutveckling	2,73 MW
Tillväxthastighet	0,4320 MW/min ²
Area i rummet	467 m ²
Höjd	3,5 m
RTI för sprinkler	50
Aktiveringstemperatur för sprinkler	68°C

Ur Figur 39 nedan utläses att värmeutvecklingen uppnår sitt max på runt 0,9 MW efter cirka 1,5 minuter. Vid denna tid aktiveras sprinkler enligt Argos.



Figur 39: Heat release rate från branden beräknat av Argos.

Brandgaslagrets höjd börjar sjunka strax efter att en minut gått. De kritiska nivåer som presenterades tidigt i rapporten säger att brandgaslagrets höjd får maximalt gå ned till 1,8 meter. Denna höjd uppnås aldrig under brandförloppet. Se Figur 40 nedan.



Figur 40: Avstånd från brandgaslagret till golvet enligt Argos.

Argos gav även aktiveringstiden för rökdetektorer på 35 sekunder. Denna tid används nedan under kapitlet utrymningssimulering.

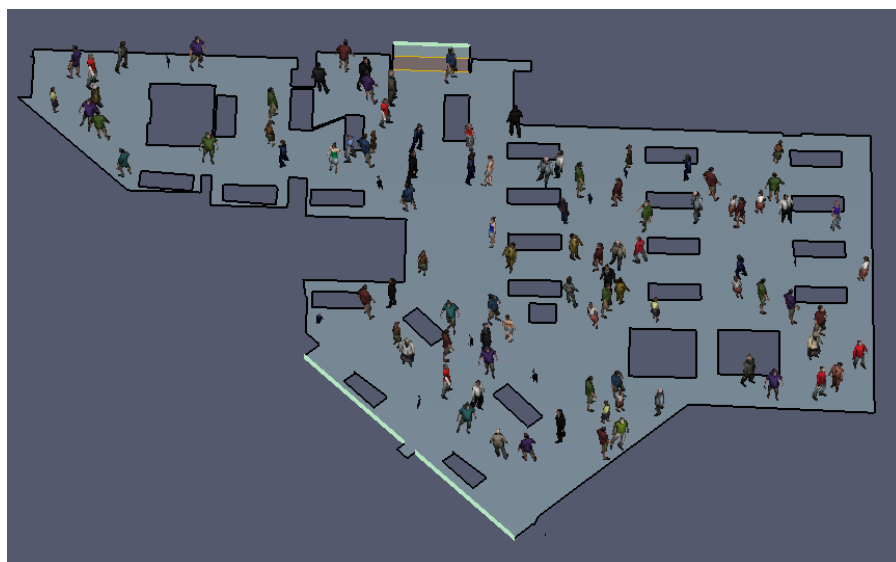
Utrymningssimulering

Entréerna från gångstråket in i butiken antas vara till 33 % blockerade med varor såsom vid platsbesöket. Därmed har personflödeskapaciteten justerats efter detta i SFPEs formel för personflöde genom dörrar (Hurley, M.J., SFPE, 2016). Det antas vara mycket folk vid tillfället, för att få ett

konservativt värde på utrymningstiden. Antalet personer kan enligt BBR uppgå till 0,5 personer per kvadratmeter erforderlig golvyta (Boverket, 2017), vilket ger 106 besökare.

Eftersom utrymningen inte påverkas efter det att besökarna lämnat lokalen antingen till gångstråket eller ut till gatan så avslutas simuleringen där. Simuleringen slutar när samtliga besökare lämnat lokalen, och denna tid redovisas som *reaktion + förflyttning* ut.

Branden antas vara anlagd på ett sådant sätt att besökarna inte uppfattar elden förrän brandlarmet aktiverats, varpå reaktionsprocessen påbörjas. Detta för att vara konservativ. Lokalens geometri och ett slumpat förslag på personers placering i butiken presenteras i Figur 41 nedan.



Figur 41: Utrymningen representerad i Pathfinder.

Tabell 11 nedan visar *reaktion + förflyttningstid* ur butiken. Rökdetektionstiden på 35 sekunder har tagits från simuleringen i Argos. Den totala utrymningstiden blir då 213 sekunder. För indatavariabler, se Bilaga 2 - Pathfinder.

Tabell 11: Resultat från Pathfindersimulering samt tid till rökdetektering från Argos, för New Yorker-scenariot.

	Tid [s]
Reaktion + Förflyttning	178
Varseblivningstid (Rökdetektering)	35
Total Utrymningstid	213

Simuleringen visar även att de enstaka personerna som befinner sig i ”den cirkulära delen runt hissen” endast passerar branden i klädstängerna. Detta visar på att kriteriet för långtidsstrålning, 30 sekunder eller mer för 2,5 kW/m² aldrig uppnås.

Resultat

Utgångspunkten i resultatet kommer vara att redovisa de framtagna resultaten för simuleringen i Argos och handberäkningar, samt resultaten för utrymning baserat på utrymningssimuleringen i Pathfinder. Vidare kommer dessa resultat vägas samman för att utläsa om kritiskt förhållande uppstår innan utrymningen är färdigställd. Nedan i Tabell 12 presenteras värden på de kritiska parametrar som bestämmer om personsäkerheten vid utrymning uppfylls. Då de kritiska parametrarna har blivit definierade med ett specifikt värde som bestämmer om kritiska förhållanden uppnås eller ej kommer tabellen endast att hantera den frågeställningen och inga specifika uppnådda värden kommer att presenteras.

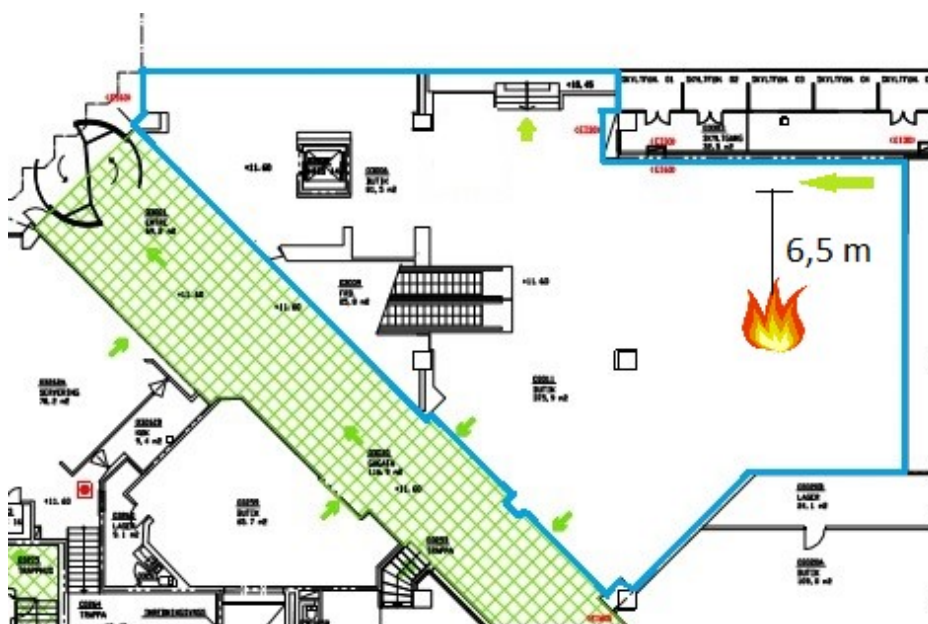
Tabell 12: Sammanställning av resultat för de undersökta faktorerna.

Kritisk parameter	Kritiska värden	Uppnår kritiska nivåer? (ja/nej)	Tid till kritiska nivåer	Tidsskillnad
Värmestrålning (lång exponeringstid)	>2,5 kW/m ²	Nej	-	-
Värmestrålning (kort exponeringstid)	>12,5 kW/m ²	Nej	-	-
Temperatur	100°C	Nej	-	-
Brandgaslagrets höjd	<1,8 m	Nej	-	-
Siktbarhet				
Toxicitet: Syrgashalt	15 vol%	Nej	-	-
Koldioxid	4 vol%	Nej	-	-
Kolmonoxid	1200 ppm	Nej	-	-

För scenario uppnår inga kritiska nivåer. Då New Yorker är en butik med hög brandbelastning kommer vidareanalys av en ny placering med liknande antändningskälla. Det nya scenariot presenteras nedan i Tillägg av scenario.

Tillägg för scenario

Det ovan beskrivna brandscenariot uppnådde inte kritiska förhållanden för de utvalda kriterierna. För att säkerställa att brandskyddet är tillräckligt görs därmed ytterligare ett brandscenario i New Yorker. En potentiell brand antas uppstå i klädpaketet på samma sätt som ovan beskrivna scenariot, se Figur 36. Skillnaden är att branden antas uppstå på en annan yta i butiken men samma initiala brandförlopp och effektutveckling används. Då klädstängerna är tätt placerad vid den nya placeringen kommer även eventuell spridning till andra klädstänger beaktas genom strålningsberäkningar. Branden placerades enligt flammasympolen i nedanstående Figur 42.

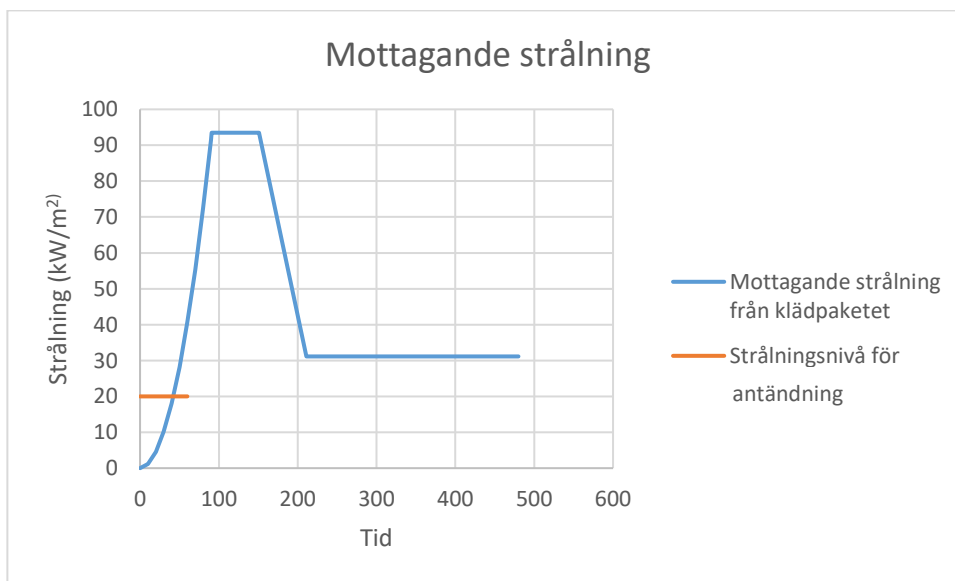


Figur 42: Illustration av ytterligare brand i New Yorker.

Vid brandens uppkomst och potentiella spridning behövs en del parametrar beaktas. Spridningen till andra klädpaketen runtomkring det första klädpaketet som antänds måste ses över, för att veta vid vilken tid de uppnår 20 kW/m^2 och därmed antänds (Babrauskas, 1981). Detta görs för att kunna få en fullständig effektutveckling för brandförloppet och vidare kunna studera om de kritiska förhållandena för strålning uppnås. Sprinkleraktiveringen måste dessutom beaktas då det kommer bidra till att begränsa branden (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011).

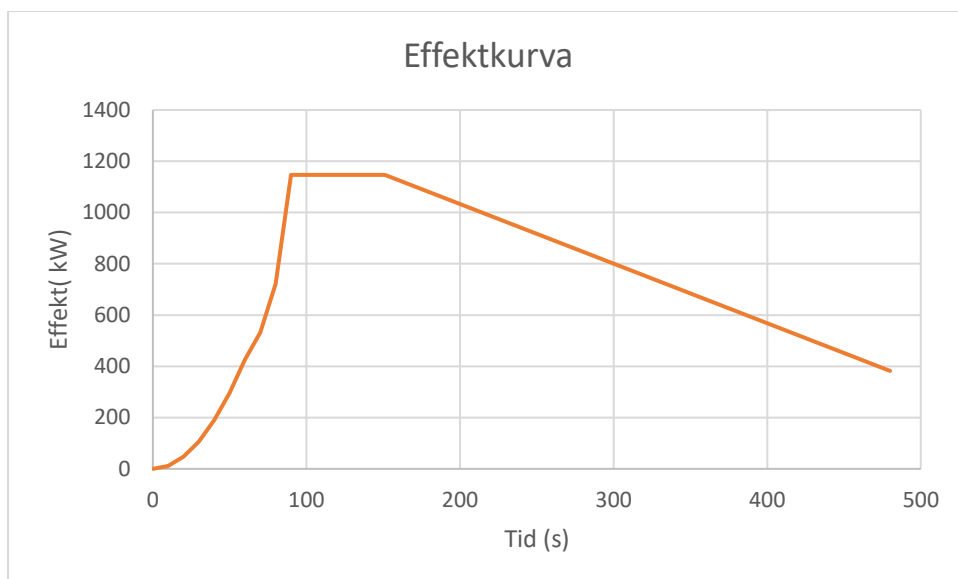
Till att börja med antogs det att klädpaketet som antändes i första skedet är placerat med 0,5 meter avstånd i förhållande till andra klädstänger av liknande karaktär. De andra klädstängerna antogs baserat på bilderna som togs vid platsbesöket vara placerade i fyra riktningar, se Figur 34. Sammanfattningsvis måste det alltså bestämmas om de andra fyra klädstängerna uppnår en mottagande strålning på 20 kW/m^2 innan sprinkleraktiveringen sker. Noterbart är att efter att ett föremål uppnår en mottagande strålning finns det ytterligare en tid tills antändning sker. Baserat på försök med andra liknande föremål som inte helt kan likställas med klädstängerna så antogs denna tid på ett konservativt grundande till 20 sekunder baserat på försöken (Babrauskas, 1981).

Nedan redovisas strålningen som de andra klädespaketen utsätts för från klädespaketet där brand uppstod. Strålningen beräknades på 0,5 meter avstånd. Genom avläsning av Figur 43 nedan utlästes att de fyra omkringliggande klädpaketen uppnådde 20 kW/m^2 efter 42 sekunder. Den totala tiden till klädespaketen antändes blev därför 62 sekunder, med de tillagda 20 sekunderna som beskrevs ovan. Efter dessa 62 sekunderna så antas även de fyra andra klädespaketen att brinna fram till sprinkleraktivering.



Figur 43: Mottagande strålning för klädpaketen i scenario efter eventuell åtgärd för New Yorker.

Nedan redovisas effekt för brandförloppet där utöver den initiala branden, så blir fyra klädespaket involverade i effektutvecklingen efter 62 sekunder och fram till sprinkleraktivering sker vid 91 sekunder.

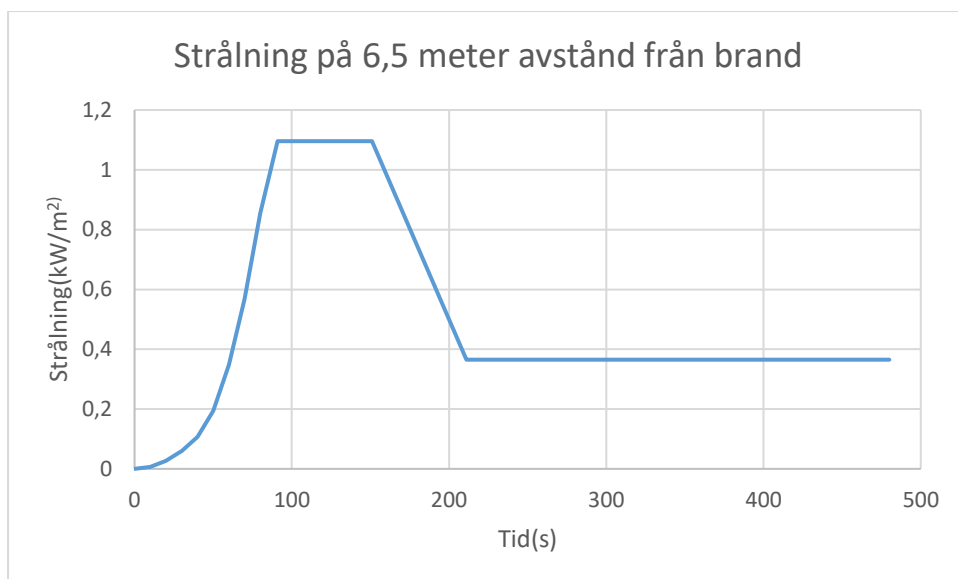


Figur 44: Effekten för brandförloppet.

Enligt DETACT-T2 (Molinelli, 2017) så beräknades aktiveringstid för sprinkler för ett klädespaket till 91 sekunder, alltså en differens på 29 sekunder från det att de andra klädespaketen antändes i detta scenario. Det antogs därför skäligt att cirka 91 sekunder även gäller i detta fall, eftersom antändningen av de andra klädpaketen enbart hade kunnat minska tiden till sprinkleraktivering med några få sekunder. Med utgångspunkt från den strålning som studeras vid 91 sekunder är antagandet dessutom konservativt, då en kortare tid på sprinkleraktiveringen hade bidragit till en lägre uppnådd strålning.

För att kunna analysera scenariot ytterligare lades fokus på om folk längst in i butiken kan ta sig förbi branden och därefter kunna utföra en säker utrymning med avseende på strålningen. Det antogs att människorna måste ha minst en halv meter intill väggen för att kunna ta sig förbi branden och därefter mot utrymningsvägen. Detta avstånd är 6,5 m, se Figur 42 för illustration.

Nedan i Figur 45 redovisas strålningen på avståndet 6,5 meter från branden enligt Ekvation 3. Enligt Figur 45 kan det avläsas att ingen kritisk strålning kommer att uppnås innan branden begränsas av sprinkleraktiveringen vid 91 sekunder. De andra kritiska parametrarna såsom temperatur och brandgaslagrets höjd hänvisas till simuleringen i Argos ovan i första delscenariot av New Yorker, där inga kritiska förhållanden uppstår.



Figur 45: Strålning på 6,5 meter avstånd från branden i New Yorker.

Utrymningstiden beräknad med hjälp av Pathfinder börjar då utrymningslarmet aktiverar. Således läggs denna tid till för att få totala tiden till utrymning. Vid undersökning av åtgärdsförslaget antas mängden besökare och deras parametrar vara samma. Valet av utrymningsväg kan komma att påverkas, men detta antas inte ha någon signifikant inverkan på utrymningstiden. Därav används samma värden på utrymningstid vid undersökning av åtgärdsförslaget, med undantag för detektionstid.

9. Känslighetsanalys

Nedan följer känslighetsanalyser på alla tre scenarier. Känslighetsanalyserna syftar till att undersöka redundansen på brandskyddet i de undersökta scenarierna. Känslighetsanalysen kommer undersöka parametrar som behandlar brandens egenskaper och utrymningstiden. Parametrarnas värde kommer att förändras för att undersöka storleken på säkerhetsmarginalen och brandskyddet för Punkt.

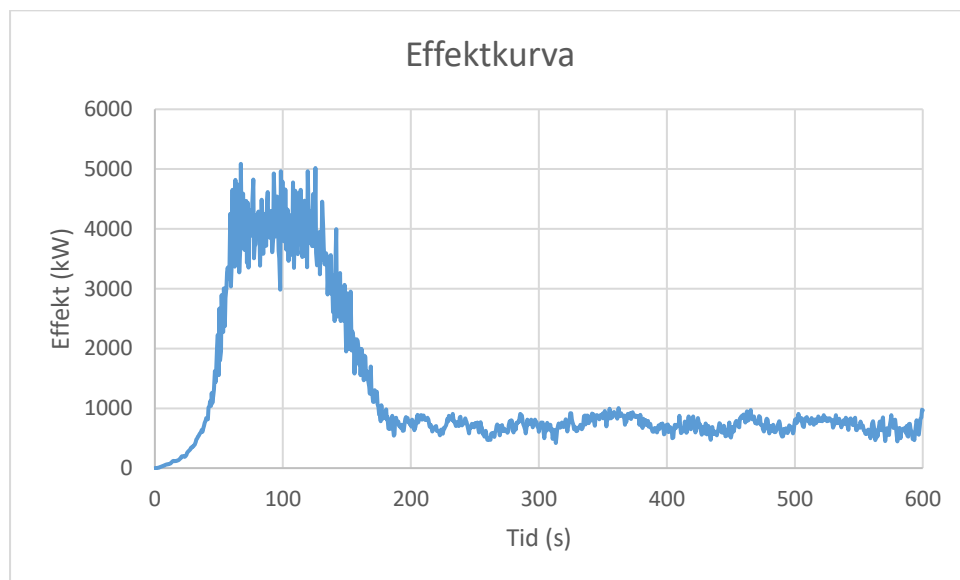
Följande känslighetsanalys syftar att utmana brandskyddet i de undersökta utrymna för att bilda en uppfattning om storleken på säkerhetsmarginalen.

Eftersom utrymningen visat sig främst dimensioneras av antalet personer som ska utrymma, och denna parameter redan är konservativt vald, görs ingen känslighetsanalys på utrymningen.

Julgran i gångstråk

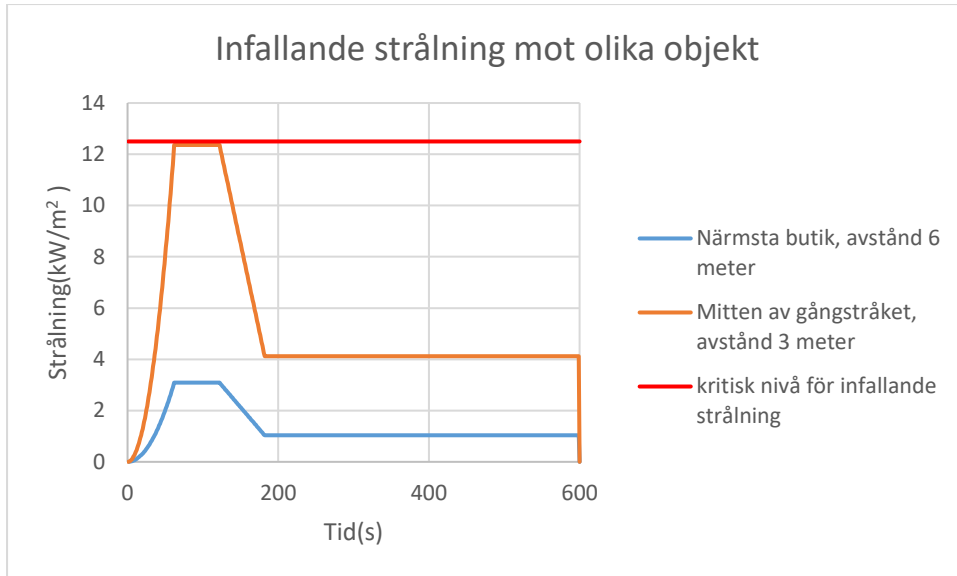
I scenariot Julgran i gångstråk uppnåddes inga kritiska nivåer gällande personsäkerheten vid brand. För att testa redundansen i scenariot, så valdes att utöka effekten för branden för att se hur de kritiska parametrarna påverkades. Det gjordes därför en ny simulering med den nya effekten, som har dubblerats, se Figur 46. Nedan redovisas de framtagna kurvorna för olika parametrar och element som erhållits från simuleringen av brandscenariot i FDS. För den dubbla effekten erhålls 1,54 som ett värde för den dimensionslösa effektutvecklingen Q^* . $D^*/\delta x$ ger istället ett värde på 12 nära branden och 6 för resterande utrymna. Dessa värden anses ligga inom ramen för att efterlikna en naturlig rumsbrand, se kapitel 6, Handberäkningar.

För känslighetsanalysen användes resultaten för utrymningssimuleringen från ursprungsscenarioet med anpassad varseblivningstid. Detta på grund av att reaktion- och förflyttningstid inte påverkas av brandens ökade effektutveckling såvida kritiska förhållanden inte uppstår.



Figur 46: Effektkurva för scenario Julgran i gångstråk där effekten har dubblerats.

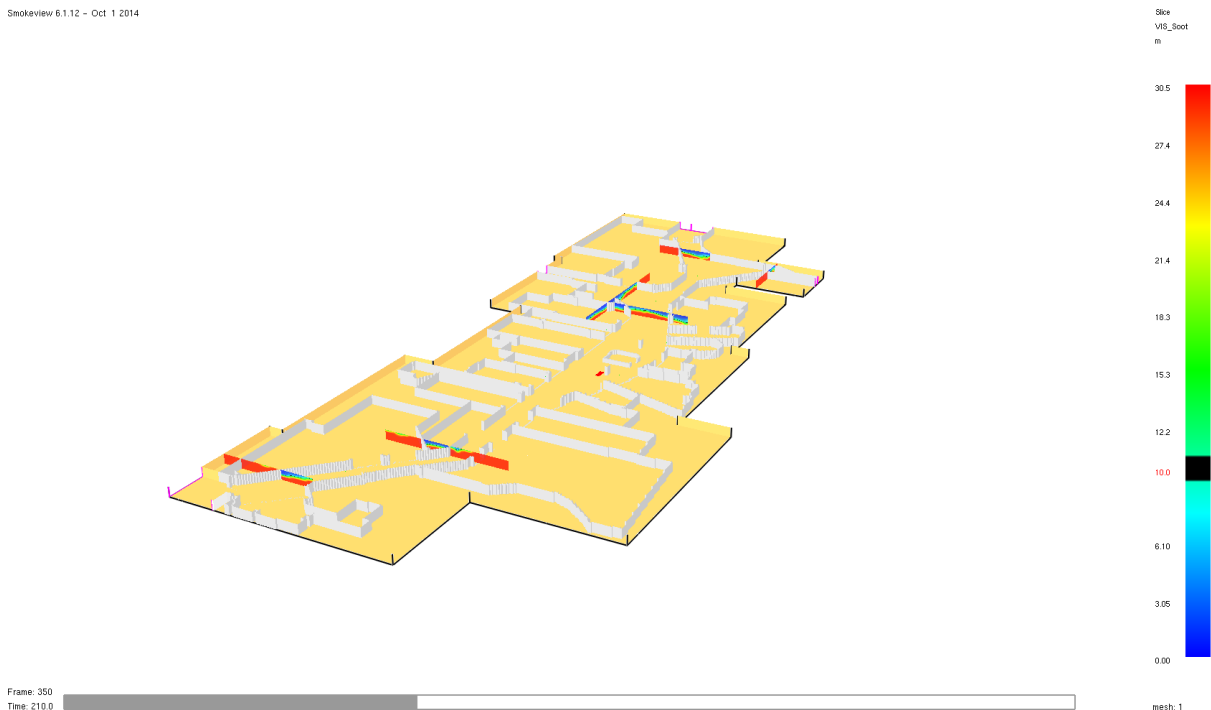
Den infallande strålningen mot gångstråkets mitt och närmsta butiksöppning redovisas nedan.



Figur 47: Infallande strålning på olika avstånd med dubblerad effekt i scenario Julgran i gångstråk.

Nedan redovisas de framtagna kurvorna för olika parametrar och element som erhållits från simuleringen av brandscenariot i FDS. En del parametrar kommer det att föras ett kvalitativt resonemang kring då det inte är illustrativt att redovisa det genom kurvor. Till att börja med kommer det att redovisas siktbarheten på 2 meter över golvnivå och temperaturen på 1,95 meter. Dessa parametrar kan likställas med brandgaslagrets höjd, dvs blir inte temperaturen tillräckligt hög eller sikten tillräckligt dålig så kan även kriteriet för brandgaslagrets höjd anses vara godkänt från kritiskt förhållande.

Figur 48 visar siktbarheten vid en höjd på 2,0 meter över golvnivå efter 210 sekunder. Vid 210 sekunder befinner sig alla människor minst 30 meter bort från branden och 20 sekunder senare befinner sig alla vid någon av entréerna. Det svartmarkerade området som indikerar att kritiska nivåer för siktbarheten uppnås. För att se entréernas placering hänvisas till Figur 2.

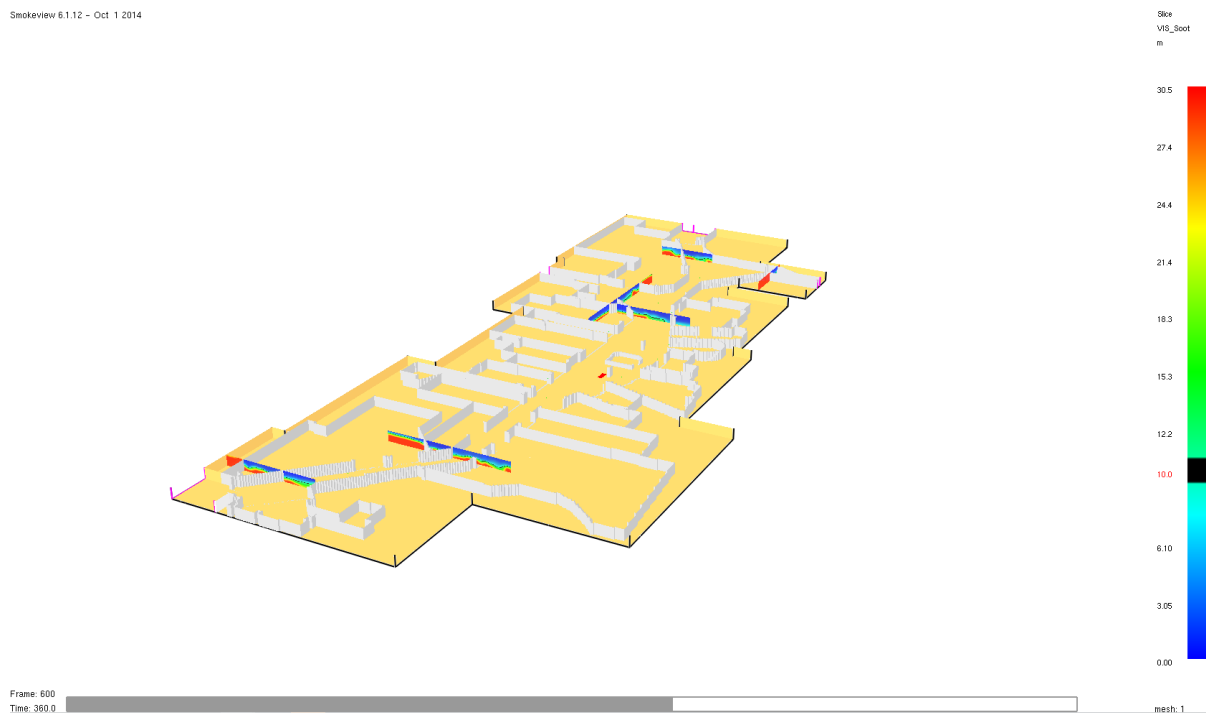


Figur 48: Siktbarheten på 2 meter efter 210 sekunder.

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

Figur 49 representerar en översikt där siktbarheten representeras av färgskalan till höger i figuren. Siktbarheten har tagits på höjden 2,0 meter över golvnivå vid 360 sekunder. Entréerna 1, 3 och 4 ger kritiska nivåer för siktbarheten. Detta illustreras genom färgerna under den svarta markeringen i skalan som indikerar kritiska nivåer.

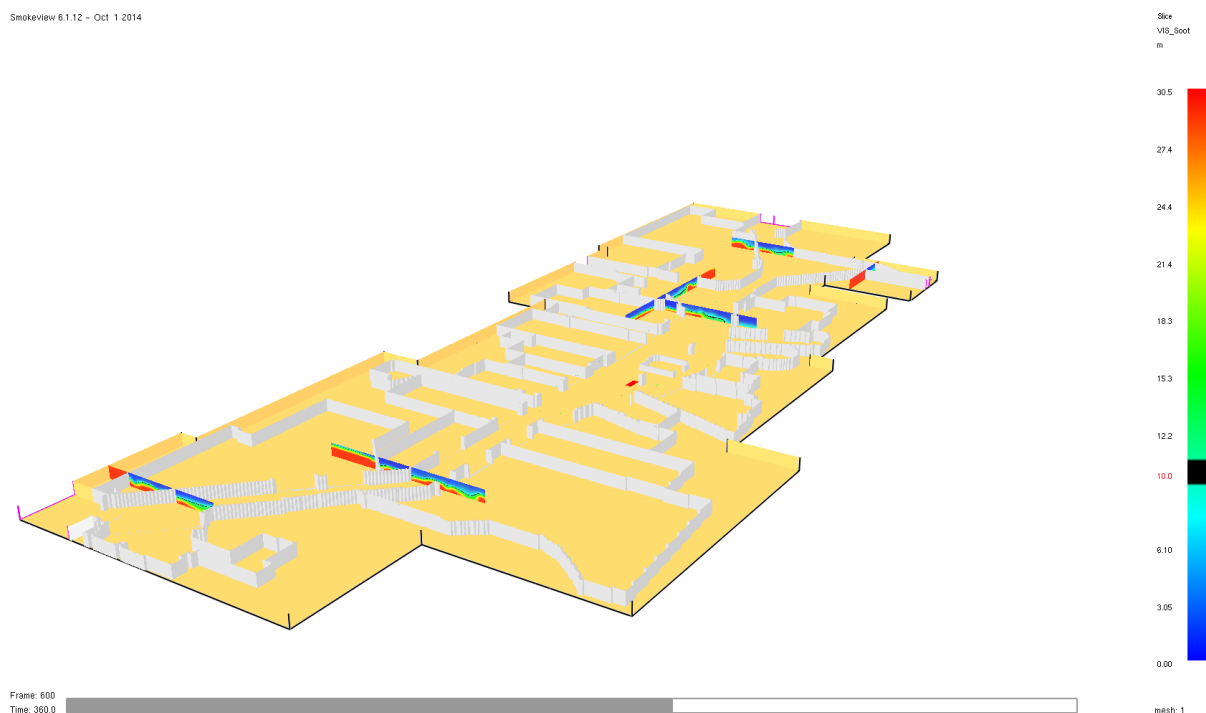
Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 49: Siktbarheten på 2 meter efter 360 sekunder.

Figur 50 visar en översikt för Entré 1, 3 och 4 på en siktbarhet på 1,8 meter över golvet. Kritiska nivåer uppnås på alla entréerna

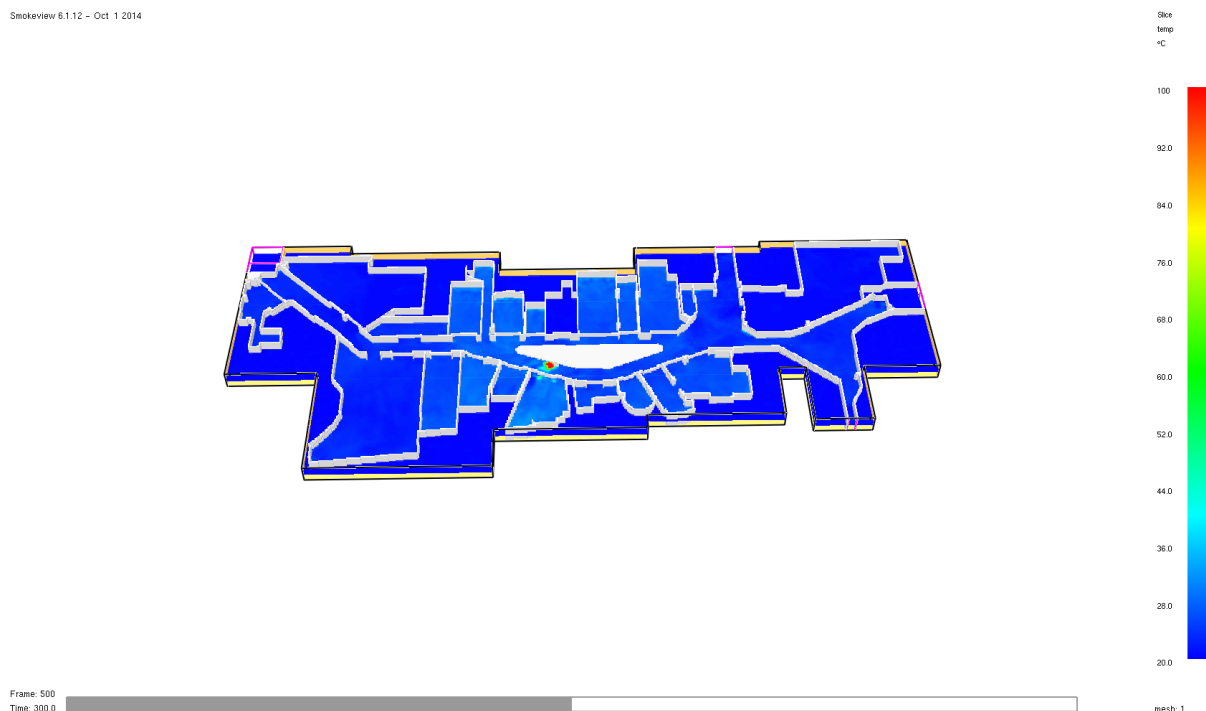
Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 50: Översikt där siktbarheten representeras vid en höjd på 1,8 meter för Entré 1, 3 och 4 vid 360 sekunder. Det svartmarkerade området är gränsen för kritisk nivå gällande siktbarhet.

Temperaturen i köpcentret redovisas nedan genom en representativ bild Smokeview. Temperaturskalan ses till höger på bilden och är mellan 20-100 °C. Temperaturen mäts på höjden 1,95 meter över golv och 300 sekunder efter brandens start. Noterbart är att temperaturen var nästintill identisk oavsett vilken tid under brandförloppet som valdes. Då temperaturen för brandgaslagrets höjd aldrig blir högre än cirka 20-30 °C är det även en indikation att den kritiska nivån för värmestrålning för en längre exponeringstid, 2,5 kW/m² aldrig uppnås.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Figur 51: Temperaturen på 1,95 meter höjd.

Nedan redovisas en bild på rökspridningen vid rökdetektorns aktivering på 15 sekunder.

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 25
Time: 15.0
mesh: 1

Figur 52: Rökspredning vid 15 sekunder.

Nedan visas en bild för rökspredningen vid sprinkleraktivering på 46 sekunder.

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Frame: 77
Time: 46.2
mesh: 1

Figur 53: Rökspredning vid 46 sekunder.

Tiderna för sprinkleraktivering och rökdetektion med avseende på FDS presenteras nedan.

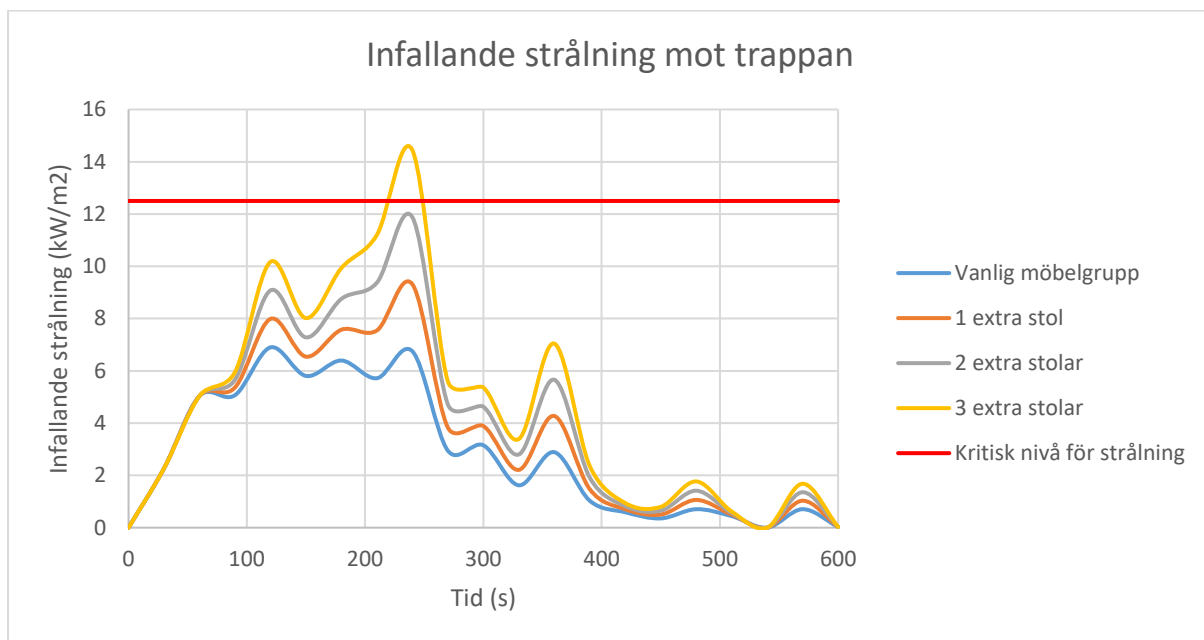
Tabell 13: Tid till rökdetektion och sprinkleraktivering för känslighetsanalysen på Julgran i gångstråk.

<i>Parameter</i>	<i>Tid (s)</i>
Rökdetektion	15
Sprinkleraktivering	46

Espresso house

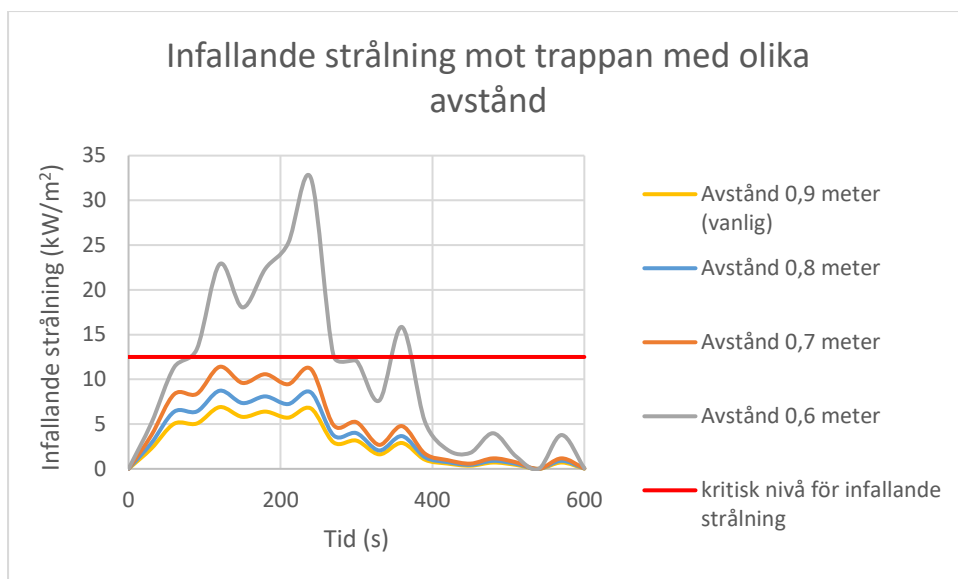
Scenariot Espresso House uppnådde kritiska nivåer under brandförloppet och en säker utrymning för besökarna på köpcentrumet Punkt kunde inte säkerställas. Det gjordes därför ett åtgärdsförslag där möbelgruppens fåtöljer byttes ut mot trästolar med mindre brandbelastning. För dessa trästolar och det nya brandförloppet uppnåddes inga kritiska nivåer under utrymningstiden och utrymningen kan anses vara säker för besökarna. Under denna känslighetsanalys kommer det därför att undersöka redundansen för detta åtgärdsförslag.

För att utreda redundansen storlek kommer möbelgruppens brandbelastning att öka. Den kritiska parametern värmestrålning under kort exponeringstid kommer därefter att undersökas för att bestämma när kritiska förhållanden uppnås. Då möbelgruppen bestod av tre trästolar kommer tillägget av brandbelastningen bestå av likadana trästolar. De extra trästolarna har beräknats på samma sätt som de andra trästolarna. För fullständig indata och beräkningsmetod, se Bilaga 5 – Espresso House. Nedan i Figur 54 presenteras hur antalet extra trästolar påverkar värmestrålningen mot den trappa som människor måste passera för att utrymma.



Figur 54: Infallande strålning mot trappan i scenario Espresso House med olika antal trästolar i möbelgruppen. Vanlig möbelgrupp består av tre trästolar.

Enligt Ekvation 3 är det avståndet mellan det strålande objektet och mätpunkten som har mest påverkan på värdet av den infallande strålningen. Då möbelgruppens placering på Espresso House är i ett trångt utrymme så skulle en förflyttning av stolarna närmare trappan leda till att den infallande strålningen ökar i kvadrat. Figur 55 nedan presenterar hur den infallande strålningen ökar om avståndet minskar.



Figur 55: Infallande strålning mot trappan där avståndet mellan det brinnande objektet och trappan ändras.

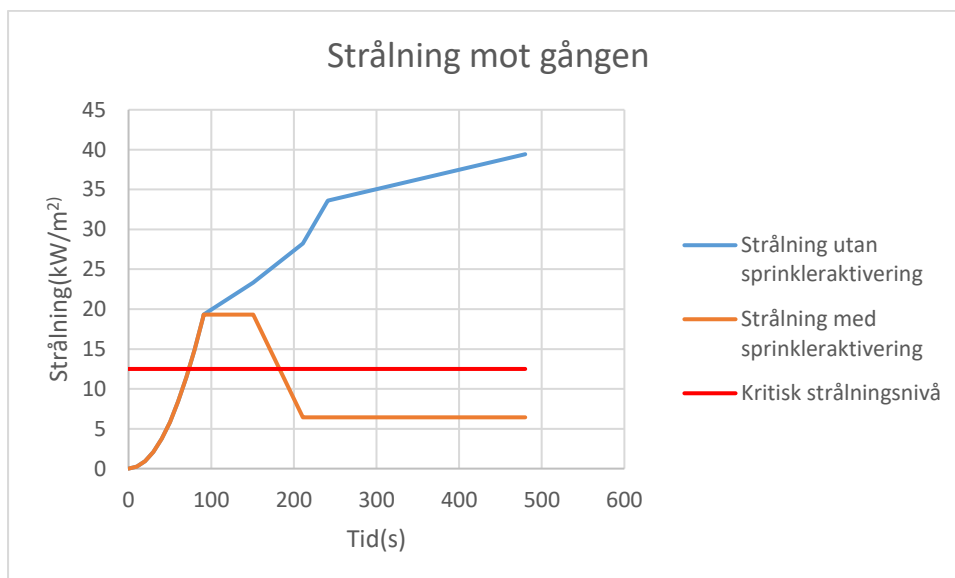
Figur 54 visar att ett tillägg av tre trästolar i möbelgruppen kan göras innan den infallande strålningen når kritiska nivåer. Då lokalen där möbelgruppen befinner sig är begränsad är det inte troligt att det kan läggas till tre trästolar och därmed finns en god säkerhetsmarginal angående ökning av brandbelastningen. Figur 55 visar att avståndet har en stor inverkan på den infallande strålningen. Då en minskning av avståndet med endast 30 cm leder till att den maximala infallande strålningen mot trappan ökar med cirka 5 gånger och att kritiska nivåer uppnås tyder på att redundansen för denna del av systemet inte är tillräcklig.

New Yorker

Som tidigare nämnts nås inga kritiska nivåer i New Yorker scenariot. Det betyder att personsäkerheten för utrymningen är fastställd. Men frågan är om det är säkert överallt i gången där folk går från den ”cirkulära delen runt hissen”?

Det finns olika parametrar att ändra för att studera om scenariot fortfarande skulle ge en säker utrymning. Till exempel kan en högre brandbelastning brinna, mer än två klädstänger, eller så kan bränslepaketet flyttas och utrymningen genom gången bli smalare. I verkligheten kan bränslepaketet lätt flyttas och därigenom blir avståndet från branden till andra sidan av gången/öppningen mindre. Om avståndet blir mindre bidrar det till att folk har mindre plats att utrymma från ”cirkulära delen runt hissen”, samt att strålningen troligtvis kommer bli högre då avståndet är en viktig parameter i strålningsekvationen (Ekvation 3). Därför görs en känslighetsanalys om strålningen kan bli kritisk på grund av att klädstängerna flyttas. Nedan följer beräkningsgång och diagram för att studera om strålning kan påverka personsäkerheten negativt.

Figur 56 nedan har tagits fram av strålningsberäkningar baserat på Ekvation 3. Branden är nu placerad mitt i gången där det maximala avståndet att gå förbi är 1,1 meter. Där har en axelbredd på 0,5 meter samt bränslepaketets bredd tagits i beaktande. Detta ger den smalaste passagen förbi branden, och således den högsta möjliga strålningen. Som kan utläsas ur figuren ovan uppnås den kritiska nivån för strålning under kort tid ($12,5 \text{ kW/m}^2$) redan efter cirka 80 sekunder. Tid till utrymning förblir 150 sekunder eftersom branden i övrigt är densamma. Detta innebär att personer riskerar att utsättas för kritiska förhållanden vid utrymning. Strålningsberäkningarna har utförts på samma sätt som tidigare, se Bilaga 7 – New Yorker.



Figur 56: Strålningskurva av infallande strålning mot gången i New Yorker när klädstängerna är placerade i mitten.

10. Diskussion

Följande kapitel är en diskussion kring de tre scenarierna och avvikelser från regelverket gällande brandskydd. Diskussionen kommer beröra tillvägagångssättet i analysen, resultaten, eventuella åtgärder som kan behövas samt osäkerheter som kan finnas.

Allmän diskussion

Nedan följer diskussion kring avvikelser enligt regelverk samt om allmänna brister.

Avvikelser enligt regelverk

Köpcentrumet Punkt hade några avvikelser angående regelverket gällande brandskydd, BBR, enligt förenklad dimensionering. Nedan kommer det att föras en diskussion som behandlar avvikelsernas konsekvenser för personsäkerheten vid utrymning i händelse av brand.

I butiken Intersport är det för långt gångavstånd till utrymningsvägarna. Då tillåtna avståndet är 40 meter och beräknade avståndet är cirka 80 meter är det en ökning med nästan det dubbla tillåtna gångavståndet. Då det är så stor skillnad i det beräknade jämfört med tillåtna kan detta ge stora konsekvenser för personsäkerheten vid utrymning vid händelse av brand. Det bör därför åtgärdas, exempelvis genom att en utrymningsväg placeras i bakre delen av butiken.

Punkt är ett köpcentrum med ett långt gångstråk och där det finns många utrymningsvägar som inte är tillgängliga för personer med nedsatt rörelseförmåga. För personer med nedsatt rörelseförmåga finns det endast en tillgänglig utrymningsväg och den har inga vägledande markeringar. Om man tar hänsyn till den södra korridoren som togs bort i avgränsningar finns det även utrymningsmöjligheter via den. Dock finns här trappor som gör att denna utrymningsväg inte är frångänglig. Detta kan leda till stora konsekvenser för dessa personer vid utrymning i händelse av brand. Beroende på brandens placering kan det också vara så att deras enda tillgängliga utrymningsväg är blockerad. Detta leder till att dessa personer kan få en mycket längre utrymningstid då de inte kan utrymma förrän räddningstjänsten anländer. En längre utrymningstid kan leda till att kritiska förhållanden uppstår i byggnaden och att personsäkerheten vid utrymning i händelse av brand inte uppnås.

Enligt BBR krävs inte utrymningsplats då Punkt har ett automatiskt släcksystem installerat. Men i känslighetsanalysen för scenario Julgran i gångstråk uppstår kritiska nivåer angående infallande strålning vid brandens placering vilket hindrar människor att passera. Detta bidrar också till att två oberoende utrymningsvägar för rörelsenedsatta rekommenderas då en utrymningsväg inte alltid är åtkomlig. Om tillbyggnad av utrymningsväg för rörelsenedsatta inte är möjligt kan även en utrymningsplats uppfylla den här rekommendationen.

Som nämnts ovan finns inga vägledande markeringar till den utrymningsväg som är tillgänglig för personer med nedsatt rörelseförmåga. Vid händelse av brand kommer dessa personer att ha möjligheten att använda rätt utrymningsväg. Att införa nya skyltar är en enkel åtgärd som inte kräver några större resurser i form av tid och ekonomi.

Roterdörrarna som är belägna vid de entréerna ut i det fria ansågs vid platsbesöket vara svåra att öppna. Då alla dessa entréer skulle befolkas snabbt vid utrymning i händelse av brand så är det viktigt att människorna som når dörrarna först kan öppna upp. Detta för att förhindra att det bildas ett tryck från bakre delen av kön. Problemet skulle kunna åtgärdas genom att översyn av deras funktion. Eftersom dörrarna går att öppna anses detta som en rekommendation snarare än ett krav.

Nödbelysning i köpcentrumet ska ha fungerande strömförsörjning vid händelse av strömavbrott. Dieselgeneratoren som försåg en del av nödbelysning med backup fungerande inte under platsbesöket. För att det ska bli någon avvikelse måste det vara strömavbrott då branden sker eller att branden orsakar strömavbrott. Då det inte fanns någon kännedom om hur stor del av Punkt som den icke fungerande dieselgeneratoren ansvarade för är det svårt att avgöra konsekvensen för denna avvikelse.

Då denna avvikelse är lätt att åtgärda och endast kräver ekonomiska resurser ska den emellertid åtgärdas genast genom att dieselgeneratoren lagas eller att strömförsörjning säkerställs på annat sätt.

På Espresso House är en av utgångarna benämnd som ”reservutgång” vilket är en föråldrad skylt. En lokal som ej är överblickbar ska innehålla två av varandra oberoende utrymningsvägar. För att ”reservutgången” ska räknas som utrymningsväg ska den vara skyltad som sådan. Därför ska skylten bytas ut mot en modern grön-vit med den standardiserade symbolen för nödutgång.

Dörren för utrymning som benämns som ”reservutgång” har i dagsläget en tvivelaktig höjd ner till markplan på gatan utanför. Detta anses inte vara en tillfredsställande utrymningsväg och den bör ses över. Förslagsvis trappa eller ramp nedanför bör införas. Enligt regelverket bör det finnas en avsatts på 0,8 m från utrymningsdörren fram till första trappavsatsen. Detta ska införas då ”reservutgången” har ändrats till en utrymningsväg enligt föregående stycke.

Enligt regelverket ska även två av varandra oberoende utrymningsvägar finnas i varje utrymme där personer vistas mer än tillfälligt. Detta innebär att övervåningen i Espresso House måste ha en utrymningsväg till. Detta kan dock borstses från då utrymmet kan liknas vid ett entresolplan, såvida entresolgolvarean är 50% av nedervåningens, men max 25 m². Övervåningen på Espresso House uppfyller 50%-kravet, men inte 25 m²-kravet. Det kan åtgärdas genom att golvarean minskas mha exempelvis en innervägg.

Då sprinklersystemet innehåller olika typer av bulber. Då sprinklersystemet är en viktig funktion för att förhindra brandspridning är det viktigt att ha ett tillförlitligt system. Därför bör bulberna av gammal sort kontrolleras för att säkerställa systemet. Då brandgasspjäll i dagsläget består av smältbleck som är förbrukade vid utlösning går de alltså inte att kontrollera. Det bör därför ses över om systemet ska bytas ut. I dagsläget har Punkt problem med tillbud då det har förekommit flertalet anlagda bränder. Då anlagda bränder är en antändningskälla som enligt statistik och de tillbud som förekommer i Punkt bidrar detta till en stor risk för uppkomsten av bränder i Punkt vilket kan därmed äventyra personsäkerheten vid utrymning.

Systematiskt brandskyddsarbete

Vid besöket i Punkt galleria delades enkäter ut som beskrivs under kapitel 4, systematiskt brandskyddsarbete. Enkätundersökningen lämnades ut till cirka 15 butiksbiträden men endast 5 stycken deltog, se avsnittet Bilaga 1 - Enkätundersökning. Många av de som inte deltog förklarade att de inte ville delta då deras butikschef inte var inne i butiken och att de därmed inte visste om de fick besvara enkäten. Detta indikerar på att många av butiksbiträdena inte känner sig säkra på vad systematiskt brandskyddsarbete innebär och att det är något de inte arbetar aktivt med i butiken. Noterbart är också att det är en skillnad på att känna till SBA och ha ett dokumenterat och fungerande SBA. Endast två butiker besvarade att de hade ett dokumenterat och fungerande SBA. Då några av butikerna ansvarar för en utrymningskorridor som ligger bakom butikernas personalutrymmen bör de ha kännedom om vad SBA innebär.

Scenariodiskussion

Nedan följer diskussion för de tre dimensionerande scenarierna.

Julgran i gångstråk

För detta scenario uppgick den totala utrymningstiden till 373 sekunder. Siktbarheten och koncentrationen av saltsyra var de enda parametrarna som uppnådde kritiskt förhållande. Siktbarheten uppnår kritiskt förhållande 13 sekunder innan alla människor hunnit ut vid Entré 3 och 4. Detta var dock med väldigt liten marginal det uppstod. Noterbart är däremot att från mätytorna är det mindre än 10 meter till entréernas utgång vilket gör att det ändå kan betraktas som godkänt, alltså inte kritiska förhållanden. Efter 230 sekunder så har alla personer nått entréerna vilket innebär att siktbarheten egentligen inte längre är en väsentlig parameter för personsäkerheten i utrymningen Eftersom syftet

med att kolla på sikten i rapporten även var att kolla på brandgaslagrets höjd så vidareanalyserades parametern genom att studera hur siktbarheten ser ut på 1,8 meter höjd, som är den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd. För höjden 1,8 meter ovanför golvnivå uppmättes kritiska förhållanden med en liten marginal. På grund av de konservativa värdena angivna i simuleringen anses brandgaslagrets höjd inte innebära något hot för personsäkerheten vid utrymning.

I detta scenario finns en del osäkerheter. Till att börja med är det svårt att approximera brandbelastningen, då den exakta dimensionen på granen inte innehades. Ett försök från SFPE användes därför för att ta fram en effektkurva. Vad som är omkring granen såsom paket, bord och annan utsmyckning kan göra att brandbelastningen var svår att beskriva med en pre exakthet. För att utreda i vilken omfattning effektutvecklingen påverkar de kritiska parametrarna gjordes därför en känslighetsanalys där effektutvecklingen höjdes. Känslighetsanalysen visade att strålningen mot mitten av gångstråket uppnår kritiska nivåer. Siktbarheten och därför även brandgaslagrets höjd blev också kritiskt i detta scenario med en större marginal som inte kan åsidosättas. Detta visar att det är ytterst viktigt att de som är anställda på objektet är påpassliga med hur stor brandbelastning som finns i gångstråket. Det bör därför finnas instruktioner angående brandbelastningens storlek och dess placering i gångstråket. Om det exempelvis hade varit två julgranar istället för en i gångstråket hade det enligt rapporten blivit kritiskt förhållande för människorna som besöker gallerian.

I scenariot har det även antagits att julgranen består av PVC då det är ett vanligt material för plastgranar. Handberäkningar visar att det uppstår kritiska nivåer för koncentrationen av saltsyra i brandgaslagret uppstår om kritiska nivån 100 ppm används. Då brandgaslagret inte når ner längre än 1,8 meter ovanför golvnivå utsätts människorna inte för kritiska nivåer av saltsyra. Noterbart är att om brandgaslagrets höjd skulle bli kritiskt så skulle även kritiska nivåer för saltsyra uppstå. Det bör därmed ses över vad det är för brännbart material som befinner sig i gångstråket.

För simuleringen i FDS gjordes ett antal antaganden och förenklingar för scenariot och dessa har redovisats i kapitel 8, simulering för Julgran i gångstråk. Alla dessa förenklingar har gjorts med ett konservativt tankesätt. Antaganden och förenklingar som bland annat har gjorts är höjden för taket minskades till 3,9 meter, ingen rök antogs försvinna upp genom undertaket och PVC valdes som bränsle istället för PVC och träpallar. Alla exempel ovan leder som sagt till ett mer konservativt värde än vad verkligheten skulle representera vilket leder till att gällande utrymning för personer som inte har någon rörelsenedsättning är utrymningen säkerställd då inga kritiska nivåer uppnås innan de hinner utrymma.

En verifiering av brandens och simuleringens egenskaper gjordes med hjälp av den dimensionslösa effektutvecklingen Q^* och den karakteristiska diametern för branden och cellstorleken $D^*/\delta x$. För scenariot med effekt på cirka 2300 kW erhöles både Q^* och $D^*/\delta x$ värden som ansågs efterlikna en naturlig rumsbrand. Då D^*/H beräknades med rumshöjden 4 meter och hamnade under 0,5 borde D^*/H vara minst 15. D^*/H används för att beräkna stora rumshöjder och det är tvivelaktigt om 4 meter i takhöjd räknas som en stor rumshöjd. Om $D^*/\delta x$ är för lågt kommer gridupplösningen inte att bli tillräckligt fin och detta kommer att ge konservativa värden för brandförloppet. På grund av simuleringens resurser gjordes ingen simulering med en finare gridupplösning.

I utrymningssimuleringen bortsågs de individer som inte kunde utrymma på grund av begränsad möjlighet att förflytta sig i trappa. Simuleringen betraktades alltså som färdig då resterande besökare utrymt Punkt. Det är inte acceptabelt att personer inte kan ta sig till säkerhet med anledning av begränsade utrymningsmöjligheter och detta stärks av att kritiska nivåer för saltsyra och därmed toxicitet uppnås. Detta måste därför åtgärdas antingen med installation av en säker plats i den del av gångstråket som saknar frångänglighet för rörelsenedsatta, eller med ramp att utrymma med.

Den dimensionerande faktorn i simuleringstiden är köbildningen vid entréerna. Förflyttning av rörelsenedsatta personer kommer inte överstiga denna, varpå den framtagna simuleringstiden kan betraktas som riktig efter åtgärden utrymningsplats utfärdats.

Antalet besökare i Pathfindersimuleringen har baserats på att det finns en person per 2 m² erforderlig area golv. Det resulterar i över 1500 individer, vilket är väldigt många besökare för Punkt. Gallerian uppskattas uppnå denna besökarmängd endast ett par gånger per år (Isoaho, 2017), vilket befogar användning av den konservativa mängden folk.

Säkerhetsmarginalen i gångstråket anses vara god. Trots att brandgaslagrets höjd uppnår kritiska förhållanden. Detta för att det finns någon meter takhöjd att räkna med (simuleringen använder innertaketets höjd) samt att hela brandförloppet brinner med sotbildning för plast, som är högre än för trä, som också ingår i bränslepaketet. Som resultat av detta blir tillgänglig tid till utrymning större.

Sammanfattningsvis visade detta scenario att Punkt gallerian är känslig för större brandbelastningar i gångstråket, som känslighetsanalysen visar. Beräkningarna av PVC visade även att valet av material är av stor betydelse för personsäkerheten vid utrymning i händelse av brand. Trots detta är säkerhetsmarginalen god.

Espresso House

Den totala utrymningstiden uppgår till 213 sekunder. Det innebär att både brandgaslagrets höjd och strålning från branden leder till att personer utsätts för kritiska nivåer innan utrymningen är klar (200 respektive 192 sekunder). Då konservativa värden har använts för brandgaslagrets höjd och utrymningstiden och kritiska nivåer uppnås endast 21 sekunder innan människor har passerat nerför trappan anses brandgaslagrets höjd inte vara en kritisk parameter för scenario Espresso House.

På grund av förenklingar i programmet Argos kunde inte den fullständiga geometrin för Espresso House användas och ett antagande om att hela andelen brandgaser förflyttas upp till ovanvåningen gjordes. Då detta inte motsvarar verkligheten där en andel av brandgaser skulle stanna kvar på nedanvåningen är antagandet konservativt.

Utrymningstiden som har använts för att jämföras gentemot tid för kritiska nivåer är uppmätt när besökarna är förbi branden som är placerad nedanför trappan. Då trappan är i vertikalt led nedåt är det endast kritiska förhållanden för besökarna tills de når trappans avsatts och börjar sin transport vertikalt nedåt. Den tid som besökarna utsätts för kritiska nivåer är alltså mindre än 21 sekunder. Med dessa två konservativa värden i åtanke anses inte brandgaslagrets höjd vara en kritisk parameter. Den infallande strålningen mot trappan är däremot akut då den hindrar personerna från att utrymma då den enda utrymningsvägen är nerför trappan. Detta innebär att det krävs åtgärder för scenario Espresso House.

I scenariot har en effektkurva för en fätölj från Initial Fires använts, vilket inte nödvändigtvis stämmer överens med en effektkurva för just de fätöjlerna som finns i Espresso House. På grund av för lite information om precis de möblerna som finns i caféet gjordes en approximation. Detta kan bidra till att resultatet för effektutvecklingen inte överensstämmer med verkligheten. Dock kan inte en mer likvärdig liknelse göras för tillfället och därmed anses effektkurvan kunna spegla verkligheten.

Personerna på ovanvåningen antogs inte få mer indikation om brand annat än utrymningslarmet som aktiveras när rökdetektorerna detekterar brand. Det är inte orimligt att anta att rök tidigt i förloppet kommer upp till övervåningen varpå besökarna börjar utrymma. Dock för att vara konservativa har det antagits att besökarna inte upptäcker branden, utan påbörjar sin reaktion då brandlarmet utlöses.

Antalet besökare baserades på tillgänglig sittplats, vilket inte är orimligt då det ofta är fullsatt på caféer och liknande verksamheter. Det har även antagits att personerna på övervåningen kan på egen

hand utrymma via trappan, eftersom den begränsade tillgängligheten till det planet gör att rörelsehindrade inte kommer dit.

Då scenariot uppnådde kritiska förhållanden genom värmestrålning under kort exponeringstid krävdes åtgärder för att kritiska förhållanden inte ska uppstå. Åtgärder som gjordes för att minska brandbelastningen och därmed den infallande strålningen mot trappan var att byta ut de tre fåtöjlerna mot tre enklare trästolar. Eftersom caféet inte vill förlora sittplatser ansågs ett byte av stolarna som ett rimligt alternativ. När fåtöjlerna byttes ut mot trästolar minskade brandbelastningen och därmed den kritiska värmestrålningen mot trappan och inga kritiska nivåer uppnåddes. Ingen ny utrymningssimulering gjordes för detta scenario, utan tid till detektion för den nya branden ersätts i den tidigare simuleringen. Detta antagande styrks med att geometrin och människors beteende inte skiljer sig i de två scenarierna där endast brandbelastningen har bytts ut, och alltså inte förflyttning- eller reaktionstiden heller.

I känslighetsanalysen undersöktes systemets redundans genom att lägga till extra stolar och studera hur den infallande strålningen påverkades. Av analysen kom det fram till att fler stolar kan påverka personsäkerheten. Två extra stolar kunde läggas till i möbelgruppen innan kritiska nivåer för den infallande strålningen mot trappan uppnåddes. Då ytan vid möbelgruppen inte är särskilt stor och de extra trästolarna flyttas närmare trappan undersöktes även hur avståndet mellan branden och trappan påverkade strålningen. För dessa försök användes effekten med inga extra stolar. När avståndet minskade från 0,9 till 0,7 meter låg den infallande strålningen på gränsen till kritisk strålningen och när avståndet istället minskade till 0,6 meter låg den högsta uppmätta strålningsnivån på över 30 kW/m² vilket är en hög ökning. Med kunskapen angående avståndets påverkan på den infallande strålningen anses redundansen för scenariot inte vara hög. Att personalen eller besökarna ska ha ansvar angående hur många stolar möbelgruppen får innehålla och avståndet till trappan anses inte vara rimligt. För att inte uppnå kritiska förhållanden för Espresso House och påverka personsäkerheten vid utrymning negativt ska möbelgruppen vid trappan istället tas bort helt.

Säkerhetsmarginalen i Espresso House anses god efter åtgärderna som föreslagits utfärdats. Den enda kritiska nivån som uppstår i lokalen är värmestrålning, och den försvinner då utrymningen via trappan säkerställts.

New Yorker

Vid scenarioidentifiering hittades ”den cirkulära delen” runt hissen där det uppfattades en risk att folk utsätts för kritiska förhållanden. Syftet med scenariot var att undersöka huruvida det kunde inträffa.

Framtagningen av effektkurvan togs från en rapport där experimentet skedde i ett litet utrymme, 3.6 meter brett, 2.75 meter långt och 2.4 meter högt. Utrymmet i New Yorker är betydligt större och högre i tak. Detta kan bidra till att effektkurvan som användes inte överensstämmer med verkligheten, då initieringen av branden i experimentet var ganska snabb vilket leder till en kort förbrinntid. På bilden i Figur 36 ser det ut som att klädstängerna är placerade i ett hörn. Är branden i ett hörn ökar flambhöjden avsevärt, vilket kan påverka strålningsstyrkan (Field & et al., 2014). Därmed är strålningskurvan som användes i scenariot inte konservativ. Effektkurvan i scenariot plottades på ett förenklat sett, endast ett par punkter har använts på grund av att exakt indata saknats. Effektkurvan är således en grov förenkling av verkligheten.

Vid beräkning av strålning antogs folk behöva en halvmeter axelbredd för att kunna passera. Detta är inte nödvändigtvis sant för att det går att komma längre från branden genom att gå i sidled. Således är strålningsnivån konservativ och trots detta sker utrymningen utan kritisk påverkan.

Branden i scenariot antas kunna vara anlagd, vilket inte är ett helt orimligt antagande eftersom (Isoaho, 2017) uppgett att gallerian har problem med anlagda bränder. En möjlig åtgärd är att inte placera lättantändliga varor i anslutning till entrén. Vid utrymningssimuleringen antogs varje person

ha 2 m² golvarea per person vilket stämde väl överens med fastighetsskötarens uppskattning av maximalt antal besökare. Detta innebär att väldigt mycket folk besöker butiken, vilket inte antas inträffa mer än ett par gånger per år. Sannolikheten att en brand inträffar då butiken är fylld med såpass mycket folk är väldigt liten. Därmed är personantalet konservativt.

Flera olika parametrar i Pathfinder har använts. Vid insättning har parametrarna lognormal-fördelats för att täcka så stort spann av värden som möjligt, på ett rimligt sätt. Lognormal-fördelningarna på reaktionstid baseras på medelvärden hämtade ur forskningsrapporter vilket skulle kunna ge något avvikande utrymningstider. Även

Efter sammanvägning av de olika resultaten som presenteras i Tabell 12 framgår det att inga kritiska förhållanden uppstår. Med tanke på att de flesta beräkningar och simuleringar som gjorts har varit konservativa kan scenariot med trygghet accepteras. För att få reda på med vilken marginal utrymningen kan säkerställas utfördes en känslighetsanalys. Analysen studerade om strålning och avstånd kunde skapa kritiska förhållanden. De resultat som beräknades visade att kritiska förhållanden uppnåddes, vilket i sin tur visade att personsäkerheten vid utrymning inte längre är säker. Detta betyder att vid omplacering av klädstängerna kan ge kritiska förhållanden vid brand. En åtgärd bör införas och placering av butikens produkter bör inte ha för litet avstånd mellan varandra. Detta skulle kunna införas genom att exempelvis ha markeringar i golvet för produkters placering och även ha tillgång till instruktioner angående detta för personalen via SBA.

Säkerhetsmarginalen i New Yorker-scenariot är god. Det uppstår inga kritiska förhållanden under utrymningsförloppet såvida placering av produkter görs med varsamhet. Kritiska förhållanden uppstår inte heller efter det att utrymningen är klar, tack vare sprinklerpåverkan.

Sammanvägd scenariodiskussion

Personsäkerheten vid utrymning för Punkt har analyserats genom att ta fram tre dimensionerade scenarier. Dessa tre dimensionerade scenarier är tänkt att spegla personsäkerheten vid utrymning för hela gallerian. Utgångspunkten har därför varit att utreda värsta tänkbara butikscenarier och gångstråkscenarier för att vara dimensionerande för hela gallerian. Den ovanstående diskussionen ska därmed kopplas till personsäkerhet vid utrymning för resterande butikens och utrymmen i Punkt.

För scenario New Yorker uppnåddes kritiska nivåer angående infallande värmestrålning då klädstängerna omplacerades. Detta visar att placering av butikens produkter är betydande för personsäkerheten i händelse av brand. Som beskrivit ovan för scenario New Yorker är golvmarkeringar för produkters placering en viktig och enkel åtgärd för att förhindra stora produktsamlingar som kan bidra till negativ personsäkerhet vid händelse av brand. Det bör även finnas instruktioner i SBA angående produktplacering så att personal förstår vikten av produktplaceringarnas bidrag till branden.

Scenario Espresso house och även New Yorker visar att produkter vid en smal passage som fungerar som utrymningsväg uppnår ofta kritiska förhållanden angående infallande värmestrålning. Det är därför av stor vikt att butikens utrymningsvägar inte blockeras eller omges av produkter eller möblemang. Det bör därför införas instruktioner angående detta i butikens SBA. Då butikens inredning oftast har stor rotation är det därför viktigt att personalen förstår innebörden av problemet och butikerna arbetar aktivt med sitt SBA.

Punkt galleria anses generellt kunna motstå brand väl, ur ett personsäkerhetsperspektiv. Vissa åtgärder krävs dock för att helt säkerställa personsäkerheten.

11. Slutsats

I slutsatsen ska presenteras eventuella åtgärder som krävs för de undersökta scenarierna, samt åtgärder som är lämpliga att genomföra. De lämpliga åtgärderna har som syfte att öka marginalen för personsäkerheten.

Förslag på åtgärder som ska genomföras

Följande är förslag på åtgärder som ska genomföras för att personsäkerheten vid utrymning ska säkerställas.

- Möbelgruppen vid trappan i Espresso House *ska* tas bort.
- Dörren som benämns som reservutgång i Espresso House *ska* innefatta ny skyltning enligt standarden för en utrymningsväg.
- En avsats på 0,8 meter vid dörren i Espresso House till första trappsteg eller ramp *ska* införas.
- Butiken New Yorker *ska* se över sin placering av klädstänger. Det ska även finnas golvmarkeringar och instruktioner ska finnas i SBA angående produktplacering.
- Vägledande markering som innehåller en symbol för personer med nedsatt rörelseförmåga *ska* sättas upp vid Entré 1 för den utgång som är tillgänglig för rörelsehindrade.
- Reservkraften till nödbelysningen *ska* säkerställas.
- Golvarean på övervåningen i Espresso House *ska* minskas, exempelvis med en avskärmning eller en innervägg.

Förslag på åtgärder som bör genomföras

Följande åtgärder rekommenderas för att öka marginalen för personsäkerheten i lokalen.

- Frångänglig utrymningsväg *bör* finnas vid Entré 3 eller 4. Alternativt kan en utrymningsplats upprättas.
- Instruktioner *bör* finnas angående mängd brännbart material och dess placering i gångstråket.
- Material innehållandes PVC eller annat material som bildar toxiska ämnen *bör* beaktas.
- Dörren som benämns som reservutgång i Espresso House *bör* kompletteras med trappa eller ramp ut i det fria.
- Roterdörrarnas svårighet att öppna vid utrymning *bör* ses över.
- Butikernas SBA *bör* ses över och uppdateras med information angående innebörden av produkters placering i butiken.
- Butikerna *bör* aktivt arbeta med respektive SBA så att dess innehåll används.
- Butiken Intersport *bör* ha en utrymningsväg för övre delen av butiken.
- Gamla bulber i sprinklersystemet *bör* ses över.
- Brandgasspjäll i ventilationssystemet *bör* kontrolleras så att deras funktion kan säkerställas.
- Punkt galleria *bör* se över sina tillbud och förminska risken för dessa händelser.

12. Referenser

- (den 05 05 2017). Hämtat från Konst-gjorda julgranar: <http://www.konstgjorda-julgranar.nl/>
- Acacia Medical. (den 21 03 2017). *Standard Wheelchairs*. Hämtat från Acacia Medical: <http://www.acaciamedical.com.au/products/manual-wheelchairs/standard-wheelchairs.php>
- Babrauskas, V. (1981). *Will the second item ignite?*
- Back, A., & et al. (2013). *CFD-beräkningar med FDS*. Malmö: BIV.
- Boverket. (2013). *BBRAD 3 - Boverket allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*. Karlskrona.
- Boverket. (2017). *Boverkets byggregler*. Hämtat från Boverket: <http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>
- Bwalya, A. C., Zalok, E., & Hadjisophocleous, G. (2007). *Design Fires for Commercial Premises - Result of Phase 2*. Ottawa: National Research Council Canada.
- Europapall Dimensioner*. (den 05 05 2017). Hämtat från Wikipedia: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Europapall#Dimensioner>
- Field, T., & et al. (2014). *Fire Investigator*. USA: Jones and Bartlett Learning.
- Fire AB. (2008). *Brandskyddsbeskrivning*. Västerås: Fire AB.
- Fire and Risk Engineering, Nordic AB. (2012). *Brandskyddsdocumentation*. Västerås: Fire And Risk Engineering.
- Flamskyddsmedel*. (den 01 03 2017). Hämtat från Kemi Kemikalieinspektionen: <http://www.kemi.se/vagledning-for/konsumenter/kemiska-amnen/flamskyddsmedel>
- Frantzych, H. (1993). *Varseblivningstid och reaktionstid vid utrymning. Sammanställning av enkätundersökning gällande för varuhus, restaurang och danslokal*. Lund.
- Frantzych, H. (2000). *Tid för utrymning vid brand*. Lund: Brandteknik, LTH.
- Frantzych, H., & Olsson, F. (1991). *Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds universitet.
- Frantzych, H., & Olsson, F. (1999). *Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer*. Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Fridolf, K. (den 12 04 2017). *Metod för bedömning av toxisk påverkan*. Hämtat från karlfridolf.se: <http://www.karlfridolf.se/metod-for-bedomning-av-toxisk-paverkan-pa-utrymmande-personer/>
- Hull, R. T., Stec, A. A., & Paul, K. T. (2008). *Hydrogen Chloride in Fires*. Preston: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR FIRE SAFETY SCIENCE.
- Hurley, M.J., SFPE. (2016). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. New York: Springer.
- Högskolan i Skövde, H. e. (den 01 03 2017). *Antropometri.se*. Hämtat från Antropometri: <http://antropometri.se/calc.php>
- Isoaho, P. (den 13 02 2017). Interview vid platsbesök. (J. Persson, & J. Hammarberg, Intervjuare)
- Jensen, G. (den 03 04 2017). *Hypoxic air venting for protection of heritage*. Norway: Geir Jensen. Hämtat från <http://www.cowi.no>

<http://www.cowi.no/SiteCollectionDocuments/cowi/no/menu/Rapporter/Hypoxic%20Air%20for%20Protection%20of%20Heritage%20COWI.pdf>

- Kakosimos, M. J. (2010). *Fires, Explosions, and Toxic Gas Dispersions*. CRC Press.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press.
- M.AIRAH, D. W. (den 03 04 2017). *Tenability criteria for design of smoke hazard management systems*. Forum. Hämtat från <http://umowlai.com.au>: <http://umowlai.com.au/wp-content/uploads/2016/08/2011-Ecolibrium-Tenability-Criteria-Aug-11.pdf>
- McGrattan, K., Hostika, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., & Overholt, K. (2014). *Fire Dynamics Simulator User's Guide*. NIST National Institute of Standards and Technology.
- Molinelli, L. (den 04 04 2017). *DETECTOR ACTuation - Time squared*. Hämtat från molinelli: <http://www.molinelli.org/DetAct.aspx>
- MSB. (2017). *Ansvar, skriftlig redogörelse och systematiskt brandskyddsarbete*. Hämtat från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap: <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandskydd/Ansvar-SBA--skriftlig-redogorelse/>
- MSB. (Ej angivet). *Utrymnings säkerhet för rörelsehindrade*. MSB.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (den 10 Maj 2017). *Statistikdatabasen*. Hämtat från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap: <https://ida.msb.se/ida2#page=a0109>
- Nilsson, D., & Holmstedt, G. (2008). *Kompendium i aktiva system - detektion*. Lund: Lunds universitet, Lunds tekniska högskola. Brandteknik och riskhantering.
- NIOSH. (den 03 04 2017). *Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values*. Hämtat från Centers for Disease Control and Prevention, CDC: <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>
- NIST. (den 05 04 2017). *Fire modelling programs*. Hämtat från NIST: <https://www.nist.gov/engineering-laboratory/fire-modeling-programs>
- Nystedt, F. (2011). *Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings*. Lund: Lund University, Dept of Fire Safety Engineering and Systems Safety.
- Nystedt, F., & Frantzich, H. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid kärntekniska anläggningar*. Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.
- Punkt & Gallerian. (den 23 03 2017). *Bra att veta*. Hämtat från punkt-gallerian.se: <http://punkt-gallerian.se/bra-att-veta/>
- Purser, D. A. (1989). *Modelling Toxic and Physical Hazard in Fire*. Huntington: Huntington Research Centre Ltd.
- Raneke, A. (den 02 03 2017). *Antalet barn väntas öka i Sverige*. Hämtat från scb.se: http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Artiklar/Antalet-barn-vantas-oka-i-Sverige/#
- Rikstermsbanken. (den 24 April 2017). *Rikstermsbanken*. Hämtat från Rikstermsbanken: <http://www.rikstermsbanken.se/rtb/visaTermpost.html?id=271079>
- Rinne, T., Tillander, K., & Grönberg, P. (2010). *Data collection and analysis of evacuation situations*. Helsinki: VTT Technical Research Centre of Finland.

- Royal Christmas. (den 25 04 2017). *Konstgjorda julgranar*. Hämtat från Konstgjorda julgranar: <http://www.konstgjorda-julgranar.nl/>
- SCB. (2002). *Ohälsa och sjukvård 1980-2000*. Stockholm: SCB.
- Scherfig, S., & Baden, N. (1992). *Argos Validation Report, Comparison of ARGOS Simulations with Full Scale Multi-Room Fire Tests*. Danish Institute of Fire and Security Technology.
- Shi, L., Xie, Q., Cheng, X., Chen, L., Zhou, Y., & Zhang, R. (2008). *Developing a database for emergency evacuation model*. Anhui: Elsevier Ltd.
- Smedberg, U. (2008). *Brandsäkerhet i hotell, på pensionat och på vandrarhem*. Karlstad: Räddningsverket.
- Snyder, R. G., Spencer, M. L., Owings, C. L., & Schneider, L. W. (1975). *Physical Characteristics of Children As Related to Death and Injury for Consumer Product Design and Use*. Transportation Research Institute (UMTRI).
- Svensson, S. (2006). *Brandgasventilation*. Räddningsverket.
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*. Lund: Lund University, Dept of Fire Safety Engineering and Systems Safety.
- Särdqvist, S. (2006). *Vatten och andra släckmedel*.
- The SFPE Task Group on Human Behavior. (2002). *Engineering Guide to Human Behavior in Fire*. SFPE.
- Thomas Deibjerg, B. P. (2003). *A step by step guide to fire simulation*. Copenhagen.
- Thunderhead Engineering. (2014). *Pyrosim User Manual*. New York: Thunderhead Engineering.
- Thunderhead Engineering. (2017). *Pathfinder User Manual*. New York: Thunderhead Engineering.
- VLT. (2012). Punkt invigdes 1969. *Vestmanlands Läns Tidning*, 1.

Bilaga 1 – Enkätundersökning

Nedan presenteras enkätundersökningens utformning i helhet samt dess resultat. Enkätundersökningen delades ut till butiksbiträden i slumpade butiker. Fråga 1 användes endast för att kunna veta vilka butiker och restauranger som hade besvarat undersökningen, alltså endast en hjälpfunktion för själva insamlingen av enkäter. Fråga 2 användes som hjälpunderlag för utrymningssimuleringar. Resultatet från dessa två frågor kommer inte att redovisas i denna bilaga. Enkäter lämnades ut till cirka 15 butiker men endast 5 stycken besvarade enkäten.

Enkätundersökning LTH- brandskydd och utrymning

Hej!

Vi är fyra stycken brandingenjörsstudenter från Lunds tekniska högskola, som håller på att göra ett projekt med avseende att utvärdera personsäkerheten vid brand och utrymningen. Frågeformuläret kommer enbart att användas som underlag för vårt projekt. Inga butiker eller personnamn kommer att publiceras utan är mest till hjälp för oss för orientering. Era svar hade betydligt mycket för oss och vårt projekt och därför hade vi uppskattat om ni svarar ärligt på enkäten.

1. Vad är namnet på er verksamhet?
2. Ungefär hur många kunder vistas i butiken samtidigt?
Normalt: _____ Max: _____
3. Har ni någon typ av brandskyddsutbildning?
Ja Nej

Om ja, vad innefattade er utbildning?

4. Känner ni till SBA (systematiskt brandskyddsarbete)?
Ja Nej

Om ja, har ni ett dokumenterande och fungerande SBA?

5. Förekommer det att utrymningsvägar blockeras?
(Är ingången till er butik eller lagringång någon gång blockerad, tex vid varuintag.)
Ja Nej

Om ja, ge gärna exempel:

6. Har ni några övriga synpunkter på brandskyddet?

Tack för er medverkan och att ni tog er tid!

Joar, Johanna, Hanna och Torbjörn

Resultatet från enkätundersökningen.

Nedan presenteras det sammanvägda resultatet från enkätundersökningen. Resultatet presenteras med ja eller nej och även med en kommentar angående frågan.

3. Har ni någon typ av brandskyddsutbildning?

Resultat:

- Ja: 0
- Nej: 5

Kommentar: Då frågan under benämner systematiskt brandskyddsarbete så handlar denna fråga om affärsverksamheten behandlar någon form av brandskyddsutbildning utöver SBA vilket inte är något krav på för verksamheterna.

4. Känner ni till SBA (systematiskt brandskyddsarbete)?

Resultat:

- Ja: 3
- Nej: 2

Följdfråga: Om ja, har ni ett dokumenterande och fungerande SBA?
- Två svarade ja och en lämnade fältet tomt.

Kommentar: Då endast hälften av de svarande kände till SBA, som är en skyldighet för affärsverksamheterna att använda sig av i lokalerna är bekymmersamt. Endast två av de tre som svarade ja hade ett dokumenterande och fungerande SBA.

5. Förekommer det att utrymningsvägar blockeras?
(Är ingången till er butik eller lageringång någon gång blockerad, tex vid varuintag.)

Resultat:

- Ja: 0
- Nej: 5

Kommentar: Ett antagande om att de flesta butiksbiträden vet om att utrymningsvägarna inte ska vara blockerade gör att de kanske inte svarar sanningsenligt på denna fråga.

6. Har ni några övriga synpunkter på brandskyddet?

Resultat :

- Ja: 0
- Nej: 5

Kommentar: -

Bilaga 2 - Pathfinder

10 cm läggs till på axelbredder för vinterjacka (utom rullstol). Värden för hastighet har hittats i litteratur som min- och maxvärden, men har i simuleringen anpassats till lognormal-fördelningar enligt branschstandard.

Parametrarna har satts till lognormalfördelningar för att skapa naturlig variation, i ett försök att eftersträva verkligheten. I de fall parametrarna inte angavs som lognormalfördelning i källan (gäller främst reaktionstid) har det värde som källan angivit satts till avg, ett min och max med lika avstånd till avg har valts och halva det avståndet som std. För de parametrar som angivits med min, max och avg i källan har programmet Pathfinder angivit en egen std (gäller främst kroppsmått och hastigheter).

Vuxna, män: 34%

Tabell 14: Parametrar för Vuxna män i Pathfinder-simuleringarna.

Parameter	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Höjd [m]	stdnormal	1,70	1,84	1,79	0,07
Axelbredd [cm]	stdnormal	44,92	50,28	47,6	2,68
Gånghastighet [m/s]	lognormal	1,3	2,1	1,7	0,133333

Höjd och axelbredd hämtat från (Högskolan i Skövde, 2017). Gånghastighet hämtat från (Rinne, Tillander, & Grönberg, 2010)

Vuxna, kvinnor: 35%

Tabell 15: Parametrar använda för Vuxna kvinnor i Pathfinder.

Parameter	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Höjd [m]	stdnormal	1,61	1,74	1,67	0,068
Axelbredd [cm]	stdnormal	40,17	44,77	42,47	2,3
Gånghastighet [m/s]	lognormal	1,3	2,1	1,7	0,133333

Höjd och axelbredd hämtat från (Högskolan i Skövde, 2017). Gånghastighet hämtat från (Rinne, Tillander, & Grönberg, 2010)

Barn 4-17: 22% (Raneke, 2017)

Tabell 16: Parametrar för barn 4-17 år gamla i Pathfinder.

Parameter	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Axelbredd [cm]	stdnormal	25,1	48,5	36,8	11,7
Gånghastighet [m/s]	lognormal	0,7	1,4	1,05	0,3

Axelbredd hämtat från (Snyder, Spencer, Owings, & Schneider, 1975)(Shi, o.a., 2008). Gånghastighet hämtat (Shi, o.a., 2008).

Handikappade: 3% (SCB, 2002).

Tabell 17: Parametrar använda för rullstolsburna i Pathfinder.

Parameter	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Bredd [cm]	Uniform	60	69	-	-
Hastighet [m/s]	lognormal	0,69	0,89	0,725	0,1

Övrigt: använder ej trappor.

Bredd hämtat från (Acacia Medical, 2017). Hastighet hämtat från (The SFPE Task Group on Human Behavior, 2002).

Äldre: 6% (SCB, 2002).

Tabell 18: Indata för äldre individer i Pathfinder.

Parameter	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Axelbredd [cm]	stdnormal	40,17	44,77	42,47	2,68
Gånghastighet [m/s]	lognormal	0,51	1,24	0,875	0,121667

Axelbredd hämtat från (Högskolan i Skövde, 2017). Gånghastighet hämtat från (The SFPE Task Group on Human Behavior, 2002).

Dörrar: personflöde: $1,3 * b$ [personer/sekund] (Hurley, M.J.,SFPE, 2016)
där b är bredden – 15cm.

Trappor: personflöde: $0,94 * b$ [personer/sekund] (Hurley, M.J.,SFPE, 2016)
där b är bredden – 15cm.

Julgran i gångstråk

Här presenteras indata till Pathfinder specifikt för scenariot med julgran i gångstråket.

Tabell 19: Fördelningar över reaktionstid för besökarna i Punkt under Julgranscenariot.

Reaktionstid	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
De som ser branden [s]	lognormal	40	80	60	10
De som inte ser branden [s]	lognormal	100	140	120	10

Fördelningarna ovan är baserade på tider hämtade ur (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000).

Espresso House

Parametrar särskilda för Espresso House-scenariot presenteras här.

Tabell 20: Reaktionsid för scenariot på Espresso House.

	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Reaktionstid [s]	Lognormal	40	80	60	10

Reaktionstid baserad ur (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000).

30 stycken besökare, baserat på antal serveringsplatser.

New Yorker

Här presenteras indataparametrar specifika för New Yorker.

Tabell 21: Reaktionsid för scenariot på New Yorker.

	Fördelningstyp	Min.	Max.	Avg.	Std.
Reaktionstid [s]	Lognormal	100	140	120	10

Reaktionstid baserad ur (Frantzich, Tid för utrymning vid brand, 2000).

Bilaga 3 – Julgran i gångstråk

Brandbelastning

Scenario julgran i gångstråk består av brandbelastningen enligt Tabell 22. Julgranens material och massa är bestämd enligt (Konst-gjorda julgranar, 2017). Bordet består av så kallade EU-pallar (Europapall Dimensioner, 2017) och deras vikt är baserad på dimensioner från test Z1/20 hämtat från Initial Fire (Särdqvist, Initial Fires, 1993).

Tabell 22 Brandbelastningen för scenario Julgran i gångstråk.

Brandbelastning	Material	Massa (kg)	Förbränningsentalpi ΔH_c (MJ/kg)
Julgran	PVC	7	16,4
Dekoration	PVC	2	16,4
Bord	Trä	140	15,0

Effektutveckling

Julgranen och juldekorationen antas antända samtidigt och deras effektkurva beskrivs enligt ekvation nedan. Tillväxthastigheten och den maximala effekten beräknades med hjälp av försök med julgranar från SFPE (Hurley, M.J., SFPE, 2016). För tillväxthastigheten användes ett värde på $0,56 \text{ kW/s}^2$ och för den maximala effekten som julgranen och dess juldekoration uppnådde ett värde på 2000 kW efter 60 sekunder.

Ekvation 1:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$$

$\alpha = \text{tillväxtfaktor (kW/s}^2\text{)}$
 $\dot{Q} = \text{effekt (kW)}$
 $t = \text{tiden (s)}$

Effektkurvan för bordet som består av träpallar har hämtats från Initial Fires (Särdqvist, Initial Fires, 1993). Den maximala effekten uppgick till 3660 kW med en tillväxthastighet på $0,05 \text{ kW/s}^2$. Maximala effekten uppnåddes efter 270 sekunder.

Sprinkleraktivering

För att kunna kvantifiera den totala effektkurvan för simuleringen i FDS användes ett preliminärt värde för tid till sprinkleraktivering som uppnådde värdet 60 sekunder (Molinelli, 2017), se Figur 57.

Figur 57: Indata som användes för preliminär sprinkleraktivering för scenario Julgran i gångstråk

Effektkurvans utseende efter sprinkleraktivering är beräknad enligt Nystedts beskrivning (Nystedt, Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011). Effektkurvorna med och utan sprinkleraktivering kan ses i Figur 13.

Värmestrålning

Beräkningar för infallande värmestrålning mot gångstråk och butiksöppningar gjordes med hjälp av Ekvation 3 nedan. Med hjälp av ritningar kunde avståndet till närmsta butiks öppning och mitten av gångstråket erhållas. Närmsta butiks var på ett avstånd på 6 meter och gångstråkets mitt var på ett avstånd på 3 meter. Resultatet kan ses i Figur 14.

Ekvation 3:

$$\dot{q}'' = \frac{(\dot{Q} \cdot x)}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$\dot{q}'' = \text{infallande strålning} \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right)$$

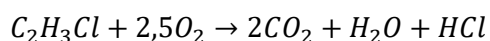
$$\dot{Q} = \text{effekt (kW)}$$

$$r = \text{avstånd från strålande objekt till mätpunkt (m)}$$

$$x = \text{andel strålning av effekt}$$

Beräkning av saltsyra HCl

Då julgranen och juldekoration tillsammans består av 9 kg PVC beräknas produktionen av saltsyra (HCl) enligt reaktionsformeln nedan



PVC har en molmassa på 62,5 g/mol och saltsyra har en molmassa på 36,5 g/mol. Då PVC och saltsyra har förhållande 1:1 kommer det att bildas

$$9000g * \left(\frac{36,5}{62,5} \right) g/mol = 5256 g$$

Punkt har en total golvarea på cirka 7250 m³ och höjden för gallerian är 4 meter. Då brandgaslagrets höjd för scenriot inte når ner till 1,8 meter över golvnivå beräknas volymen där HCl befinner sig som

$$7250 * (4 - 1,8) = 15\,950 \text{ m}^3$$

Detta ger en koncentration för HCl i gallerian enligt

$$\frac{5256}{15959} = 0,33 \text{ g/m}^3$$

En omvandling av den kritiska nivån för ppm till koncentration görs enligt

$$\text{koncentration} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \text{koncentration} (\text{ppm}) * \frac{\text{molmassa HCl} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{\text{volum för 1 mol gas}} \quad \text{Ekvation 6}$$

Då volym för 1 mol är 24,45 L vid 298 K, 1 atm för en ideal gas kan den kritiska nivån för HCl som är 100 ppm beräknas enligt Ekvation 6.

$$\text{HCL} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = 100 (\text{ppm}) * \frac{36,5 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{24,45 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,149 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Då $0,33 > 0,15 \text{ g/m}^3$ kommer koncentrationen HCl att bli kritisk om brandgaslagrets höjd når längre ner än 1,8 meter över golvnivå och därmed nå människorna.

Bilaga 4 – Julgran i gångstråk FDS

Ekvivalent Q^* beräknas med hjälp av ekvation 4 och indata kan ses i Tabell 23

Tabell 23 Indata för beräkning av den ekvivalenta Q^*

Parameter	Värde
Effektutveckling Q (W)	2300
Densitet för omgivande luft δ (kg/m ³)	1,2
Värmekapacitet för luft C_p (J/kgK)	1000
Temperatur för omgivande luft (K)	293
Ekvivalent bränslediameter D (m)	1,13
Gravitationskonstant g (m/s ²)	9,81

Förhållandet mellan brandens karakteristiska diameter D^* beräknas enligt ekvation 5 och Tabell 24 presenterar indata.

Tabell 24 Indata för beräkningar av brandens karakteristiska diameter D^*

Parameter	Värde
Effektutveckling Q (W)	2300
Densitet för omgivande luft δ (kg/m ³)	1,2
Värmekapacitet för luft C_p (J/kgK)	1000
Temperatur för omgivande luft (K)	293
Gravitationskonstant g (m/s ²)	9,81
δx (m)	0,15 eller 0,3

Kod för FDS

Nedan visas koden som har använts för simulering i FDS. Väggarnas uppbyggnad och placering har inte tagits med i texten på grund av deras storlek, väggarnas uppbyggnad kan ses i Figur 15. För känslighetsanalysen av scenario Julgran i gångstråk har endast HRRPUA ändrats och antagit värdet 4000 kW/m².

```
&HEAD CHID='Punkt'/
&TIME T_END=600.0/
&DUMP RENDER_FILE='punkt.ge1', COLUMN_DUMP_LIMIT=.TRUE., DT_RESTART=120.0/
```

```
---mesher---
&MESH ID='MESH01', IJK=80,60,14, XB=0.0,24.0,47.0,65.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH02', IJK=80,80,14, XB=0.0,24.0,23.0,47.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH03', IJK=120,51,14, XB=24.0,60.0,47.0,62.3,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH04', IJK=108,30,14, XB=60.0,92.4,47.0,56.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH05', IJK=102,54,14, XB=92.4,123.0,47.0,63.2,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH06', IJK=120,60,14, XB=123.0,159.0,47.0,65.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH07', IJK=120,80,14, XB=24.0,60.0,23.0,47.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH08', IJK=110,80,14, XB=60.0,93.0,23.0,47.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH09', IJK=100,80,14, XB=93.0,123.0,23.0,47.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH10', IJK=132,90,14, XB=20.4,60.0,-4.0,23.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH11', IJK=110,57,14, XB=60.0,93.0,5.9,23.0,0.0,3.9/
&MESH ID='MESH12', IJK=100,45,14, XB=93.0,123.0,9.5,23.0,0.0,3.9/
```

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

```
&MESH ID='MESH13', IJK=120,80,14, XB=123.0,159.0,23.0,47.0,0.0,3.9/  
&MESH ID='MESH14', IJK=43,51,14, XB=129.0,141.9,7.7,23.0,0.0,3.9/
```

---strålning---

```
&RADI RADIATION=.TRUE., RADIATIVE_FRACTION = 0.35,  
NUMBER_RADIATION_ANGLES=104 /
```

---bränsle---

```
&SPEC ID = 'PVC', FORMULA = 'C2H3Cl' /  
&SPEC ID = 'OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /
```

```
&SPEC ID = 'NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /  
&SPEC ID = 'HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /  
&SPEC ID = 'WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /  
&SPEC ID = 'CARBON MONOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /  
&SPEC ID = 'CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /  
&SPEC ID = 'SOOT', LUMPED_COMPONENT_ONLY = .TRUE. /
```

```
&SPEC ID='AIR', BACKGROUND=.TRUE.  
SPEC_ID(1)='OXYGEN', VOLUME_FRACTION(1)=1.53,  
SPEC_ID(2)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(2)=5.76 /
```

```
&SPEC ID='PRODUCTS',  
SPEC_ID(1)='HYDROGEN CHLORIDE', VOLUME_FRACTION(1)=1.0,  
SPEC_ID(2)='WATER VAPOR', VOLUME_FRACTION(2)=1.0,  
SPEC_ID(3)='CARBON MONOXIDE', VOLUME_FRACTION(3)=0.14,  
SPEC_ID(4)='CARBON DIOXIDE', VOLUME_FRACTION(4)=0.96,  
SPEC_ID(5)='SOOT', VOLUME_FRACTION(5)=0.90,  
SPEC_ID(6)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(6)=5.76 /
```

```
&INIT XB=4.25,5.75,1.75,3.25,0.5,0.5, MASS_FRACTION(1)=0.229, SPEC_ID(1)='PVC' /
```

```
&REAC FUEL='PVC', HEAT_OF_COMBUSTION=16400, SPEC_ID_NU='PVC','AIR','PRODUCTS',  
NU=-1,-1,1, FIXED_MIX_TIME=0.1 /
```

---brännare---

```
&SURF ID='eld'  
HRRPUA=2600.0,  
COLOR='RED',  
RAMP_Q='FIRE_RAMP_Q',  
TEXTURE_MAP='psm_fire.jpg', /
```

```
&OBST ID='brännare', XB=70.8,71.8,26.6,27.6,0.5,0.5, SURF_ID='eld'/
```

---effektkurva med sprinkleraktivering---

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=1.0, F=0.000263568/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=3.0, F=0.00237211/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=5.0, F=0.006589193/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=7.0, F=0.012914818/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=9.0, F=0.021348986/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=11.0, F=0.031891694/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=13.0, F=0.044542945/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=15.0, F=0.059302738/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=17.0, F=0.076171072/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=19.0, F=0.095147948/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=21.0, F=0.116233366/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=23.0, F=0.139427325/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=25.0, F=0.164729826/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=27.0, F=0.19214087/  
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=29.0, F=0.221660454/
```

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=31.0, F=0.253288581/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=33.0, F=0.28702525/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=35.0, F=0.32287046/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=37.0, F=0.360824212/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=39.0, F=0.400886506/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=41.0, F=0.443057341/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=43.0, F=0.487336719/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.0, F=0.533724638/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=47.0, F=0.582221099/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=49.0, F=0.632826101/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=51.0, F=0.685539646/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=53.0, F=0.740361732/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=55.0, F=0.79729236/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=57.0, F=0.85633153/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=59.0, F=0.917479241/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.0, F=0.9488438/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=62.0, F=1.0, /når konstant vid sprinkleraktivering
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=122.0, F=1.0, / konstant i 60 sek
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=182.0, F=0.33776302, / linjär nedgång till 1/3 Q på 60 sek
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=600.0, F=0.33776302, / konstant i 10 min

---väggmaterial---

&MATL ID='concrete', SPECIFIC_HEAT=0.75, CONDUCTIVITY=1.7, DENSITY=2400.0/

&SURF ID='betong',
COLOR='GRAY 80',
MATL_ID='concrete',
BACKING='VOID',
THICKNESS=0.20/

---devices---

---sprinkleraktivering---

&PROP ID='sprinkleraktivering',
QUANTITY='LINK TEMPERATURE',
INITIAL_TEMPERATURE=20.0,
ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0,
RTI=50.0/

&DEVC ID='taksprinkler1', PROP_ID='sprinkleraktivering', XYZ=71.5,27.35,3.8,
&DEVC ID='taksprinkler2', PROP_ID='sprinkleraktivering', XYZ=70.0,27.35,3.8,
&DEVC ID='taksprinkler3', PROP_ID='sprinkleraktivering', XYZ=73.0,27.35,3.8,
&DEVC ID='taksprinkler4', PROP_ID='sprinkleraktivering', XYZ=71.5,25.35,3.8,
&DEVC ID='taksprinkler5', PROP_ID='sprinkleraktivering', XYZ=71.5,29.35,3.8,/

---rökdetektorer---

----smoke detector cleary ionization I1-----

&PROP ID='sd', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
ALPHA_E=2.5, BETA_E=-0.7, ALPHA_C=0.8, BETA_C=-0.9,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.24 /

&DEVC ID='sd11', PROP_ID='sd', XYZ=71.5,27.35,3.8, / nr1 enligt bild
&DEVC ID='sd12', PROP_ID='sd', XYZ=70.0,27.35,3.8, / 2
&DEVC ID='sd13', PROP_ID='sd', XYZ=73.0,27.35,3.8, / 3
&DEVC ID='sd14', PROP_ID='sd', XYZ=71.5,25.35,3.8, / 4
&DEVC ID='sd15', PROP_ID='sd', XYZ=71.5,29.35,3.8, / 5

----smoke detector cleary ionization I2-----

&PROP ID='sd', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
ALPHA_E=1.8, BETA_E=-1.1, ALPHA_C=1.0, BETA_C=-0.8,
ACTIVATION_OBSCURATION=3.24 /

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

&DEVC ID='sd21', PROP_ID='sd', XYZ=71.5,27.35,3.8,/ nr1 enligt bild
&DEVC ID='sd22', PROP_ID='sd', XYZ=70.0,27.35,3.8, / 2
&DEVC ID='sd23', PROP_ID='sd', XYZ=73.0,27.35,3.8, / 3
&DEVC ID='sd24', PROP_ID='sd', XYZ=71.5,25.35,3.8, / 4
&DEVC ID='sd25', PROP_ID='sd', XYZ=71.5,29.35,3.8, / 5

---FED---

&DEVC ID='FED1', QUANTITY='FED', XYZ=85.651,32.4426,1.79/
&DEVC ID='FED2', QUANTITY='FED', XYZ=107.831,32.4335,1.79/
&DEVC ID='FED3', QUANTITY='FED', XYZ=109.342,47.4118,1.79/
&DEVC ID='FED4', QUANTITY='FED', XYZ=147.712,42.9296,1.79/
&DEVC ID='FED5', QUANTITY='FED', XYZ=32.2493,32.7073,1.79/
&DEVC ID='FED6', QUANTITY='FED', XYZ=17.2365,44.7127,1.79/
&DEVC ID='FED7', QUANTITY='FED', XYZ=7.61764,54.6212,1.79/
&DEVC ID='fed8', QUANTITY='FED', XYZ=81.456,22.2503,1.79/
&DEVC ID='FED9', QUANTITY='FED', XYZ=137.1,10.7,1.79/
&DEVC ID='FED10', QUANTITY='FED', XYZ=127.333,30.9647,1.79/
&DEVC ID='FEDbrand', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=66.1119,32.4194,1.79/
&DEVC ID='Optical density', QUANTITY='OPTICAL DENSITY', XYZ=56.2377,30.0393,1.8/

---temperatur---

&DEVC ID='Temperatur1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=64.3495,24.9421,1.6/
&DEVC ID='Temperatur2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=70.9397,22.5478,1.6/
&DEVC ID='Temperature3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=81.4547,20.1285,1.6/
&DEVC ID='Temperature4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=88.9262,21.3243,1.6/
&DEVC ID='Temperature5', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=94.0233,23.1845,1.375/
&DEVC ID='Temperature6', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=107.798,32.7675,1.375/
&DEVC ID='Temperature7', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=148.041,42.3488,1.6/
&DEVC ID='Temperature8', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=109.04,47.4384,1.375/
&DEVC ID='Temperature9', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=97.6466,34.2128,1.6/
&DEVC ID='Temperature10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=89.826,34.5247,1.375/
&DEVC ID='Temperature11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=82.6342,33.9218,1.375/
&DEVC ID='Temperature12', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=74.2292,33.9467,1.6/
&DEVC ID='Temperature13', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=68.5305,33.9415,1.375/
&DEVC ID='Temperature14', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=61.6211,33.9495,1.375/
&DEVC ID='Temperature15', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=55.3395,28.2482,1.375/
&DEVC ID='Temperature16', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=54.7595,30.9347,1.6/
&DEVC ID='1Temperature17', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=54.7488,33.0462,1.6/
&DEVC ID='Temperature18', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=32.2565,32.1702,1.375/
&DEVC ID='Temperature19', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=17.5567,44.4054,1.375/
&DEVC ID='Temperature20', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=7.0589,54.3199,1.6/
&DEVC ID='TEMPERATURE21', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=126.333,31.115,1.6/

---strålning---

&DEVC ID='HEATFLUX1', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=64.95,24.95,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX2', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=70.6132,22.5542,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX3', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=81.1547,20.1067,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX4', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=88.6348,21.3008,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX5', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=93.7274,23.1221,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX6', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=107.852,32.1544,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX7', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=108.772,47.415,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX8', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=147.468,43.2511,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX9', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=97.3562,34.2328,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX10', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=89.5528,34.5226,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX11', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=82.3306,33.9396,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX12', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=73.956,33.9459,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX13', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=68.2501,33.9249,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX14', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=63.7451,33.9653,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX15', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=56.2354,31.2324,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX16', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=32.2477,33.0783,1.79/
&DEVC ID='HEATFLUX17', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=7.95404,54.9346,1.79/

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

&DEVC ID='HEATFLUX18', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=57.4416,29.7305,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX19', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=63.1357,33.985,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX20', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=67.9234,33.9416,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX21', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=74.8616,33.9124,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX22', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=82.0508,33.9416,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX23', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=89.275,34.5485,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX24', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=96.7384,34.2625,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX25', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=82.6072,20.18,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX26', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=71.2794,22.5271,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX27', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=65.1925,24.6827,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX28', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=55.658,28.2302,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX29', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=89.2187,21.3515,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX30', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=93.4471,23.1142,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX31', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=98.8872,25.8353,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX32', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=104.819,27.9703,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX33', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=66.3,30.8,1.6/
&DEVC ID='HEATFLUX34', QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX GAS', XYZ=65.4,28.1,1.6/

---brandgaslagrets höjd---

&DEVC ID='Layer height', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=56.2629,56.2629,30.9489,30.9489,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT1', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=7.8,7.8,53.9,53.9,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT3', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=18.3,18.3,44.3,44.3,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT5', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=33.0,33.0,32.0,32.0,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT7', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=53.4,53.4, 31.1,31.1, 0.0,4.2 /
&DEVC ID='LAYERHEIGHT9', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=105.0,105.0,32.6,32.6,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT11', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=108.424,108.424,
47.4429,47.4429,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT13', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=126.8,126.8,31.6,31.6,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT15', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=147.132,147.132,42.9731,42.973,0.0,4.2/
&DEVC ID='LAYERHEIGHT17', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=136.649,136.649,10.5533,10.5533,0.0,4.2/

---öppningar---

&HOLE ID='Hole', XB=49.8,55.2,34.7,35.0,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=59.7,65.1,34.7,35.0,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=30.9,33.9,28.7,31.7,0.0,4.2/
&HOLE ID='Hole', XB=66.6,70.8,34.4,37.4,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=87.9,92.1,34.7,37.7,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=78.9,87.6,34.1,37.1,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=95.1,101.1,34.7,37.7,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=103.2,107.7,26.3,29.1,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=117.0,117.3,41.0,44.9,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=97.5,101.7,24.8,26.6,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=92.1,96.9,22.1,24.5,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=80.1,83.7,19.4,19.7,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=67.8,75.3,20.9,23.6,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=61.2,67.2,23.9,26.0,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=52.8,57.0,26.9,29.3,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=45.3,49.8,28.7,29.0,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=36.6,41.1,28.7,29.0,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=2.7,10.2,46.4,53.6,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=105.9,106.2,41.0,46.1,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=37.5,42.6,34.4,34.7,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=25.2,28.2,37.4,41.6,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=21.0,24.3,41.9,45.8,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=87.0,91.5,20.0,22.1,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=136.2,138.0,9.2,9.5,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=114.9,117.5,41.0,44.9,0.0,3.0/
&HOLE ID='Hole', XB=3.3,6.9,55.4,58.7,0.0,2.1/
&HOLE ID='entré4', XB=148.2,151.8,42.8,46.1,0.0,2.1/

---vents---

&VENT ID='Venttest3', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,56.3,65.0,0.0,4.2/
&VENT ID='Venttest', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,7.5,65.0,65.0,0.0,4.2/

Brandteknisk Riskvärdering av Punkt galleria

```
&VENT ID='Takvent', SURF_ID='OPEN', XB=0.0,7.5,59.3,65.0,3.9,3.9/  
&VENT ID='Vent17', SURF_ID='OPEN', XB=112.2,116.4,63.2,63.2,0.0,4.2/  
&VENT ID='Vent', SURF_ID='OPEN', XB=136.2,138.0,7.7,7.7,0.0,4.2/  
&VENT ID='Vent18', SURF_ID='OPEN', XB=159.0,159.0,41.3,50.0,0.0,3.9/
```

---boundary files---

```
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX'/  
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/
```

---slice files---

```
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=32.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=12.6/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=103.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=124.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=141.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=41.0/  
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=18.4/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=64.0/  
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=74.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.6/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.8
```

```
&TAIL /
```


Bilaga 5 – Espresso House

Nedan presenteras handberäkningar.

Handberäkningar

De handberäkningar som användes vid analysen av Espresso House beskrivs i denna bilaga.

Beräkning av tillväxthastighet från effektkurvan

Tillväxthastigheten är en parameter som behövs för att kunna beräkna tiden till sprinkleraktivering i detect-t2 och dessutom en behövlig parameter i Argos simuleringen för att kunna beskriva branden. (Karlsson & Quintiere, 2000).

Ekvation 1:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$$

$\alpha = \text{tillväxtfaktor (kW/s}^2\text{)}$
 $\dot{Q} = \text{effekt (kW)}$
 $t = \text{tiden (s)}$

Vilket ger $\alpha = \frac{600}{360^2} = 0,0046 \text{ kW/s}^2$

Tid till detektionen

Beräkningen grundar sig på en empiriskt framtagen formel (Frantzich & Olsson, Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer, 1991):

Ekvation 2:

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

$t_{det} = \text{tid till detektion (s)}$
 $\alpha = \text{brandens tillväxthastighet (kW/s}^2\text{)}$
 $H = \text{takhöjd (m)}$

Vilket ger $t_{det} = 21,8 \cdot 0,0046^{-0,31} \cdot 3,5^{0,34} = 177 \text{ s}$

Beräkning av strålning mot trappan

För beräkning av strålning användes (Karlsson & Quintiere, 2000). För scenariot med fåtöljerna användes ett avstånd från brand till trappa på 0,7 meter. Beräkningen över tiden redovisas i Figur 27.

Ekvation 3:

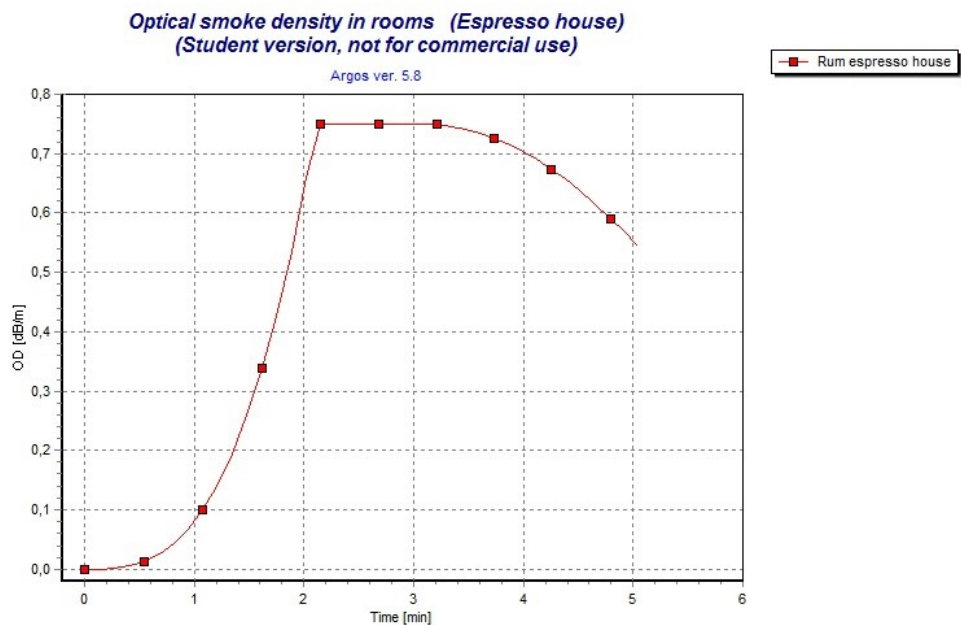
$$q'' = \frac{(\dot{Q} \cdot x)}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$q'' = \text{strålning (} \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}\text{)}$
 $\dot{Q} = \text{effekt (kW) [varierar med tiden]}$
 $r = \text{avstånd från brand till trappa (m)}$
 $x = \text{andelen strålning av effekt} = 0,3$

Bilaga 6 – Espresso House Argos

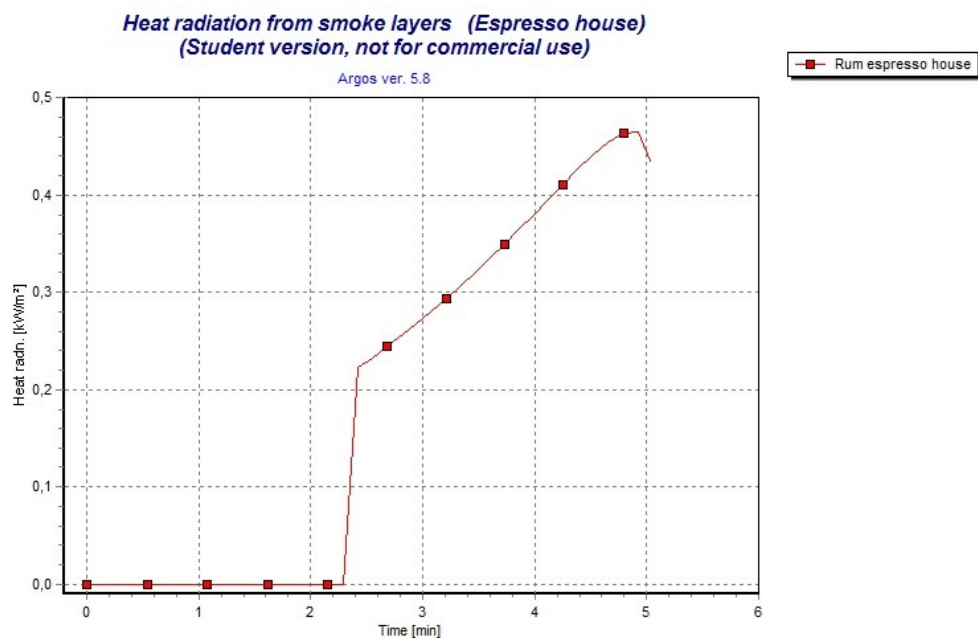
I denna bilaga presenteras övriga grafer från Argosimuleringen på Espresso House-scenariot.

Figuren nedan presenterar Argos framräknade optiska rökdensitet.



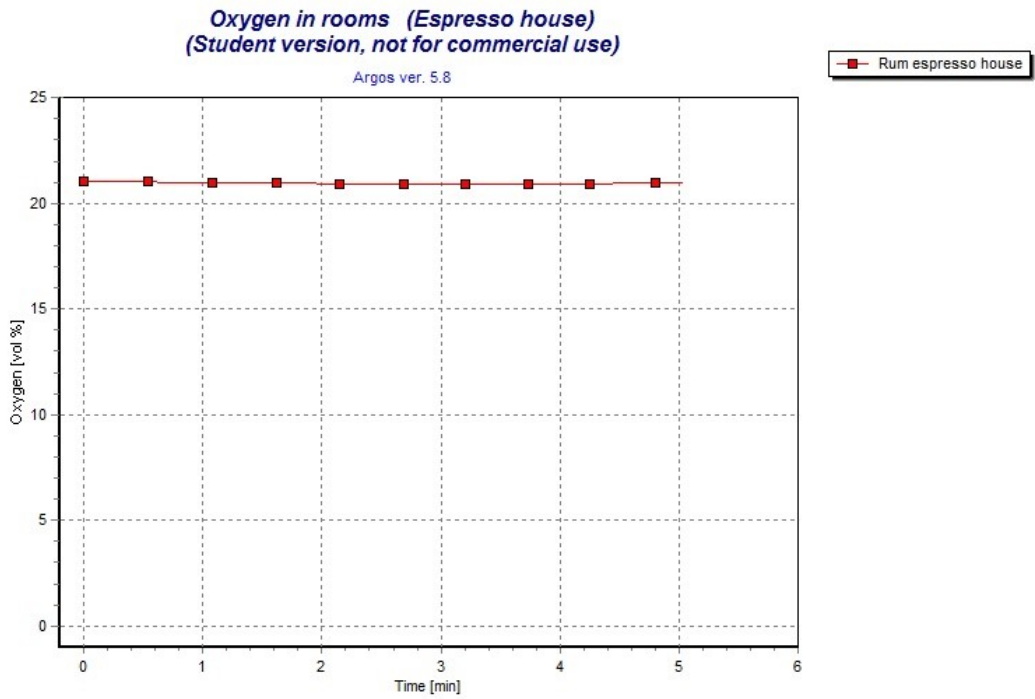
Figur 58: Siktbarhet för Espresso House enligt Argos.

Figuren nedan presenterar Argos framräknade värmestrålning från brandgaslaget.



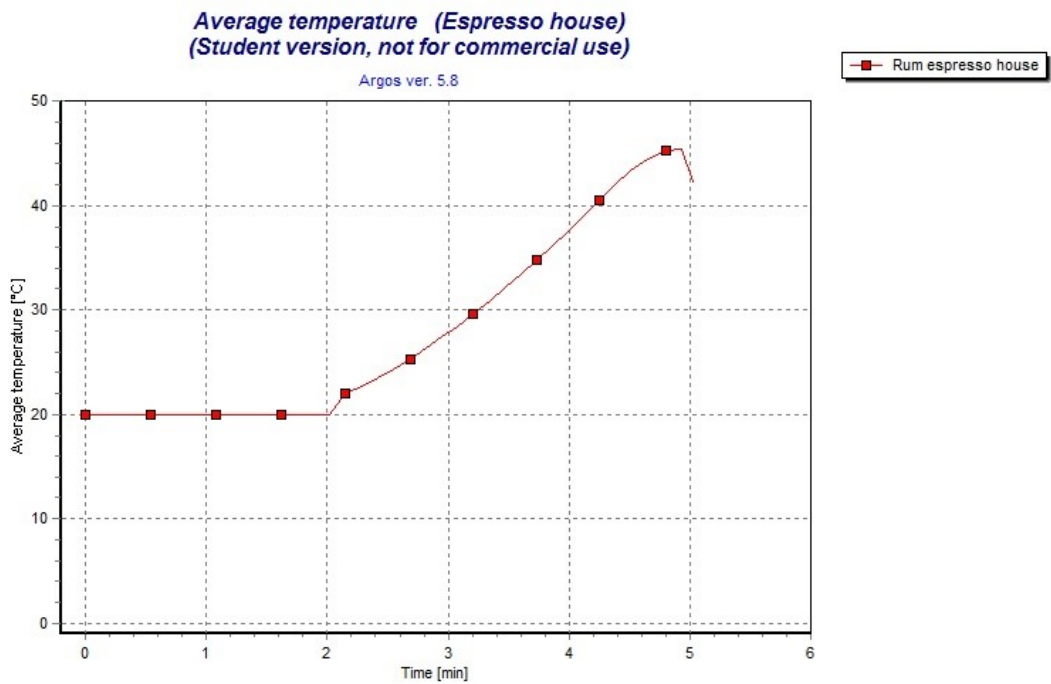
Figur 59: Värmestrålning från brandgaslager på Espresso House enligt Argos.

Figuren nedan presenterar Argos framräknade syrehalt i rummet.



Figur 60: Syrgashalt på Espresso House enligt Argos.

Figuren nedan presenterar Argos framräknade medeltemperatur i rummet.



Figur 61: Medeltemperatur för scenariot på Espresso House enligt Argos.

Bilaga 7 – New Yorker

Denna bilaga presenterar handberäkningar använda i New Yorker-scenariot.

Handberäkningar

De handberäkningar som användes vid analysen av Espresso House beskrivs i denna bilaga.

Beräkning av tillväxthastighet från effektkurvan

Tillväxthastigheten är parameter som behövs för att kunna beräkna tiden till sprinkleraktivering i detact-t2 och dessutom en behövlig parameter i Argos simuleringen för att kunna beskriva branden (Karlsson & Quintiere, 2000).

Ekvation 1:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$$

$\alpha = \text{tillväxtfaktor (kW/s}^2\text{)}$
 $\dot{Q} = \text{effekt (kW)}$
 $t = \text{tiden (s)}$

Vilket ger $\alpha = \frac{273}{150^2} = 0,121 \text{ kW/s}^2$

Tid till detektionen

Beräkningen grundar sig på en empiriskt framtagna formel (Frantzich & Olsson, Brandteknisk dimensionering med riskbaserade ekvationer, 1999):

Ekvation 2:

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

$t_{det} = \text{tid till detektion (s)}$
 $\alpha = \text{brandens tillväxthastighet (kW/s}^2\text{)}$
 $H = \text{takhöjd (m)}$

Vilket ger $t_{det} = 21,8 \cdot 0,0046^{-0,31} \cdot 3,5^{0,34} = 65 \text{ s}$

Beräkning av strålning mot trappan

För beräkning av strålning användes ekvationen nedan (Karlsson & Quintiere, 2000):

Ekvation 3:

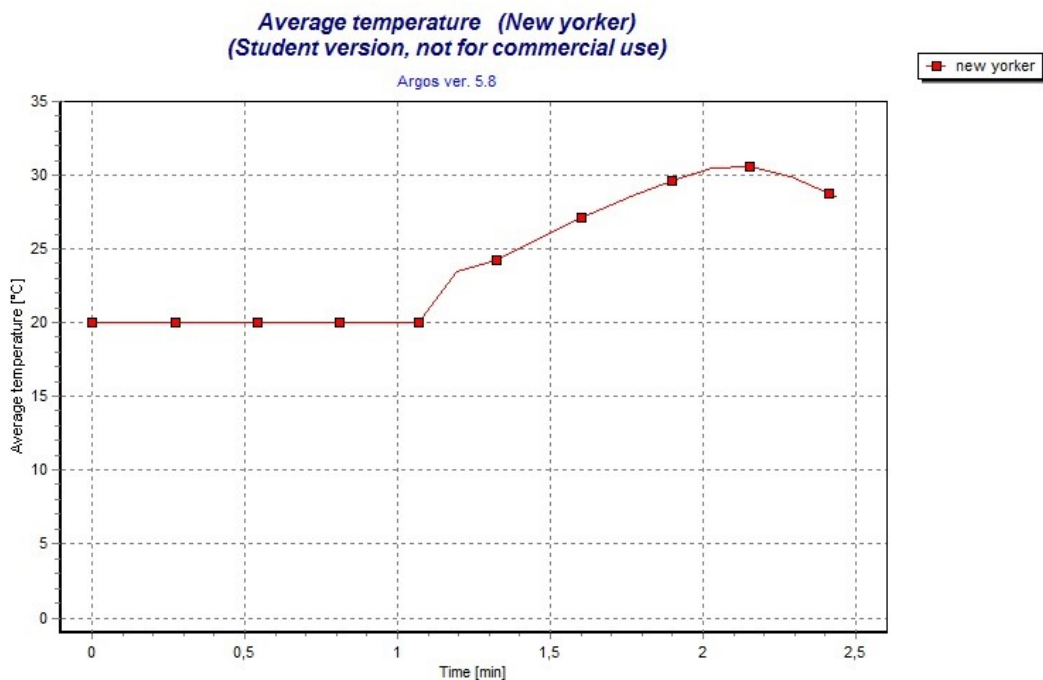
$$\dot{q}'' = \frac{(\dot{Q} \cdot x)}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$\dot{q}'' = \text{strålning (}\frac{\text{kW}}{\text{m}^2}\text{)}$
 $\dot{Q} = \text{effekt (kW)}$
 $r = \text{avstånd från brand till andra sidan av gången (m)}$

Bilaga 8 - New Yorker Argos

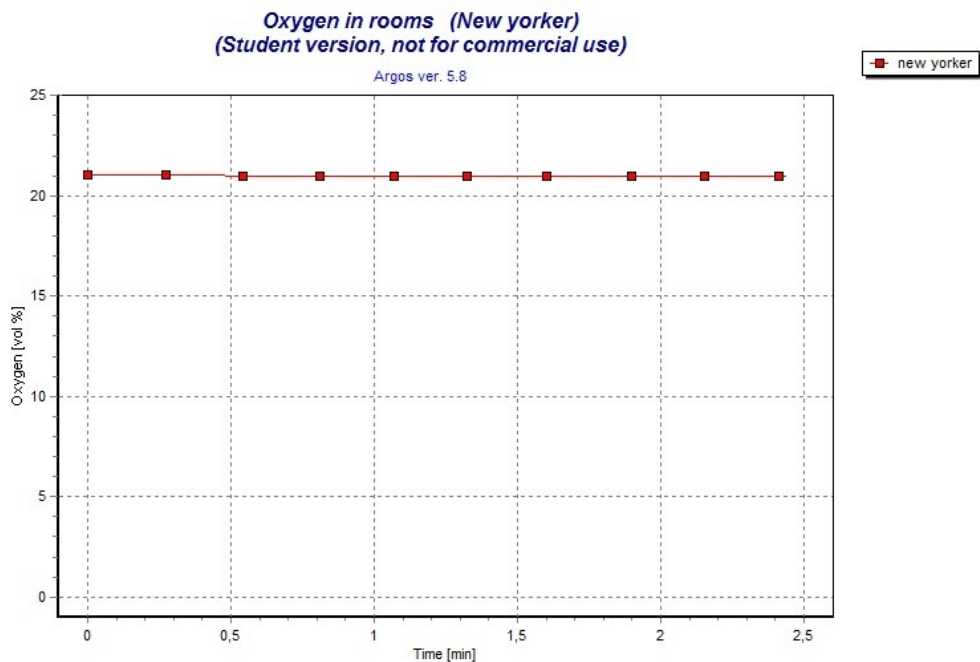
Denna bilaga presenterar resultat från Argosimuleringen för New Yorker-scenariot.

Figuren nedan presenterar Argos framräknade medeltemperatur i rummet.



Figur 62: Medeltemperatur för scenariot på New Yorker enligt Argos.

Figuren nedan presenterar Argos framräknade syrehalt i rummet.



Figur 63: Syrehalt för scenariot på New Yorker enligt Argos.