



Brandteknisk riskvärdering av Harry´s, Norrköping



Författare:
Rima Adawi Rh03
Mats Andersson Bi00
Johan Hanberger Bi02
Dan Sandqvist Bi02

Handledare:
Henrik Johansson
Per Johansson

Titel:

Brandteknisk riskvärdering av Harry's, Norrköping

Title:

Fire safety evaluation of Harry's, Norrköping

Av / By:

Rima Adawi, Mats Andersson, Johan Hanberger, Dan Sandqvist

Rapport / Report: 9245

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--9245--SE

Sökord:

Harrys, scenario, analys, CFAST, Simulex, Boverkets Byggregler, utrymning, sprinkler, detektorer, automatiskt brandlarm, utrymningslarm, kritiska förhållanden,

Keywords:

Harrys, scenario, analys, CFAST, Simulex, Building codes of *Boverket*, evacuation, sprinkler, detectors, automatical fire alarm, evacuation alarm.

Abstract:

In order to secure a safe evacuation for visitors to Harry's nightclub in Norrköping a fire safety evaluation has been conducted. In this fire safety evaluation different scenarios have been studied. In every scenario fire calculations have been made and then compared with evacuation times. The current fire protection system has also been compared to Boverkets byggregler, the Swedish building code.

Språk/Language: Svenska/Swedish

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046-222 73 60
Telefax: 046-222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telefon: +46 46 222 73 60
Telefax: +46 46 222 46 12

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

Sammanfattning

Nattklubben Harry's i Norrköping är inrymd i ett större affärskomplex i en byggnad från 1970-talet. Lokalen utgörs av en brandcell belägen i två plan, och är utrustad med ett sprinklersystem. Denna rapport syftar till att utvärdera personsäkerheten i lokalen med avseende på brandsäkerhet.

I samband med ett besök på objektet dokumenterades utrymmenas fysiska förutsättningar liksom befintliga brandskyddssystem och utrymningsstrategier.

Efter studier av brandstatistik har fyra tänkbara brandscenarier utarbetats och simulerats i datorprogrammen CFAST och Argos. Syftet har varit att undersöka de tidiga effekterna av en brand och hur de påverkar möjligheterna till utrymning av lokalen.

Scenarierna är som följer:

1. Brand i garderob på markplan. Ett utrymme med hög brandbelastning i omgivning med stor persontäthet och i anslutning till utrymningsväg. Branden begränsas av sprinkler.
2. Brand i förråd på markplan. Ett dolt utrymme där sprinklersystemet släcker branden.
3. Brand i förråd på källarplan. Felaktig sprinklerplacering i kombination med öppna dörrar leder till kritisk nivå på sikten i lokalen.
4. Brand i toalett på källarplan. Utrymme utan sprinkler men med låg brandbelastning. Brandgasproduktionen är inte tillräcklig för att orsaka kritiska förhållanden på markplanet.

Tiden för att utrymma lokalen har simulerats i programmet Simulex. Personsäkerheten värderas genom jämförelser mellan tid till kritiska förhållanden och tid för utrymning.

Slutsatsen blir att scenario 1, 2 och 4 inte medför problem att utrymma innan kritiska förhållanden uppstår, framför allt på grund av att sprinklersystemet begränsar branden. I scenariot med brand i förrådet på källarplan hinner dock inte utrymning ske innan siktnedsättningen nått kritisk nivå. Utrymningssäkerheten är i dagsläget därför inte acceptabel, och en förbättring av säkerheten skulle kunna erhållas genom ett antal åtgärder.

Följande åtgärder föreslås:

- Automatiskt utrymningslarm i form av förinspelat talat meddelande bör införskaffas.
- Fler detektorer bör installeras på markplanet.
- Sprinklerna i förrådsutrymmet i källaren bör flyttas närmare taket.
- Dörr till källarförrådet skall utrustas med stängningsanordning.

Förord

Vi vill tacka ett antal personer som varit till stor hjälp under arbetet med denna rapport. Först och främst vill vi tacka vår handledare Henrik Johansson från LTH för alla konstruktiva idéer och värdefulla råd. Vi vill även tacka våra kontaktpersoner vid räddningstjänsten i Norrköping, Per Johansson och Tomas Wennström.

Vidare vill vi tacka David Bergström på Harry's i Norrköping för ett trevligt mottagande och gott tålamod vid vårt studiebesök.

Ett varmt tack till all er som inte nämnts vid namn men som ändå på något sätt hjälpt oss i vårt arbete.

Rima Adawi
Mats Andersson
Johan Hanberger
Dan Sandqvist

Lund, december 2004

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	III
FÖRORD	V
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	VII
1 INLEDNING	9
1.1 BAKGRUND	9
1.2 SYFTE OCH MÅL	9
1.3 METOD	9
1.4 MÅLGRUPP	9
1.5 AVGRÄNSNINGAR	9
1.6 RAPPORTENS DISPOSITION	10
2 OBJEKTSBESKRIVNING	11
2.1 VERKSAMHETEN	11
2.2 BYGGNADEN	11
3 BEFINTLIGT BRANDSKYDD	13
3.1 AKTIVA SYSTEM	13
3.1.1 Detektorer	13
3.1.2 Sprinkler	13
3.1.3 Brandgasventilation	15
3.1.4 Utrymningslarm	15
3.2 PASSIVA SYSTEM	15
3.2.1 Brandcellsindelning	15
3.2.2 Nödutgångar	15
4 JÄMFÖRELSE MED BBR	17
5 BRANDSCENARIER – ALLMÄNT	21
5.1 STATISTIK	21
5.2 REPRESENTATIVA SCENARIER	21
5.2.1 Händelseträdsanalys	22
5.2.2 Startutrymme	22
6 BRANDSCENARIO 1 - GARDEROBSBRAND	25
6.1 FÖRUTSÄTTNINGAR	25
6.2 DIMENSIONERANDE BRAND	25
6.2.1 Effektutvecklingar	26
6.3 RESULTAT	26
6.4 KÄNSLIGHETSANALYS	28
7 BRANDSCENARIO 2 – BRAND I FÖRRÅD PÅ MARKPLAN	31
7.1 FÖRUTSÄTTNINGAR	31
7.2 DIMENSIONERANDE BRAND	31
7.3 RESULTAT	32
7.4 KÄNSLIGHETSANALYS	33
8 BRANDSCENARIO 3 – BRAND I FÖRRÅD PÅ KÄLLARPLAN	35
8.1 FÖRUTSÄTTNINGAR	35
8.2 DIMENSIONERANDE BRAND	36
8.3 RESULTAT	36
8.4 KÄNSLIGHETSANALYS	38
9 BRANDSCENARIO 4 – BRAND PÅ DAMTOALETT	41
9.1 FÖRUTSÄTTNINGAR	41
9.2 DIMENSIONERANDE BRAND	41

9.3	RESULTAT.....	41
10	UTRYMNING.....	43
10.1	DAGENS UTRYMNINGSRUTINER	43
10.2	ALLMÄNT	43
10.3	SIMULERINGAR I SIMULEX.....	44
10.3.1	Utrymningstider.....	44
10.3.2	Scenario 1.....	45
10.3.3	Scenario 2.....	46
10.3.4	Scenario 3.....	46
10.3.5	Scenario 4.....	47
10.4	KÄNSLIGHETSANALYS	47
11	VÄRDERING AV PERSONSÄKERHET.....	49
11.1	SCENARIO 1 - GARDEROBSBRAND	49
11.2	SCENARIO 2 - BRAND I FÖRRÅDET PÅ MARKPLAN	49
11.3	SCENARIO 3 – BRAND I FÖRRÅDET PÅ KÄLLARPLAN.....	49
11.4	SCENARIO 4 – BRAND PÅ DAMTOALETTEN	49
11.5	SLUTSATS	50
12	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	51
	REFERENSER.....	53
	BILAGOR.....	55
	BILAGA 1 – SPRINKLERRITNINGAR.....	56
	KÄLLARPLAN	56
	MARKPLAN	56
	BILAGA 2 – HÄNDELSETRÄD.....	58
	BILAGA 3 – HANDBERÄKNINGAR.....	59
	GARDEROB.....	59
	FÖRRÅD PÅ KÄLLARPLAN.....	59
	DAMTOALETTEN	60
	BILAGA 4 - INDATA & UTDATA FÖR BRANDSCENARIO 1	61
	BILAGA 5 - DATORPROGRAM.....	70
	CFAST.....	70
	ARGOS	70
	SIMULEX	70

1 Inledning

Syftet med kapitlet är att ge läsaren en inblick i hur och varför denna rapport är framtagen.

1.1 Bakgrund

Detta projekt ingår som ett obligatoriskt moment i kursen VBR054 Brandteknisk riskvärdering. Kursen ges på Brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola och omfattar tio veckors studier. Projektuppgiften löses gruppvis utifrån tilldelade objekt och redovisas slutligen dels skriftligt genom en rapport och dels muntligt vid ett seminarium.

1.2 Syfte och mål

Uppgiften går ut på att genomföra en värdering av säkerhetsnivån hos ett givet objekt och ge förslag till beslut om eventuella förändringar. Syftet med arbetet är således att avgöra huruvida det befintliga brandskyddet hos Harry's i Norrköping är tillräckligt för att säkerställa en utrymning av nattklubbens samtliga gäster och personal innan kritiska förhållanden uppstår.

1.3 Metod

Inledningsvis kom väsentlig litteratur att studeras. Dessa litteraturstudier låg till grund för ett besök på Harry's i Norrköping. Som förberedelse för studiebesöket på objektet, d.v.s Harry's, genomfördes samtal med representanter från räddningstjänsten i Norrköping. Vid objektsbesöket genomfördes dels en okulär undersökning av lokalen och dess brandskydd och dels ett samtal med kontaktperson från Harry's.

Vid hemkomsten från Norrköping nyttjades händelseträdsmetodik för att hitta lämpliga representativa scenarier. Som hjälpmedel för värderingen av säkerhetsnivån hos Harry's användes därefter ett antal datorprogram. Vid brandsimuleringarna användes två datorprogram, nämligen Argos och CFast. Anledningen till att två liknande program användes var för att optimera kunskapsinhämtandet från kursen. Simulex är ytterligare ett datorprogram som användes men då i syfte att beräkna utrymningstiden från lokalen. En del av resultat från datorsimuleringar kom att verifieras med hjälp av handberäkningar.

1.4 Målgrupp

Denna rapport är främst framtagen i undervisande syfte. Den huvudsakliga målgruppen är således studenter med likvärdig bakgrund som författarna. Arbetet utgår från ett objekt beläget i Norrköping och resultatet kan därför vara av intresse även för personer vid räddningstjänsten i Norrköping. Resultatet kan även vara av intresse för representanter från Harry's. Då dessa saknar nödvändiga brandkunskaper antas representanter från räddningstjänsten i Norrköping kunna utgöra en förklarande mellanhand.

Detta arbete riktar sig även till övriga personer med ett intresse för brandteknisk projektering. Rapporten kommer att i största mån utformas på ett sådant sätt som passar samtliga målgrupper.

1.5 Avgränsningar

Arbetet syftar till, som tidigare nämnts, att värdera personsäkerheten vid Harry's i Norrköping, vilket innebär att egendoms- och miljöskyddet inte kommer att värderas. Vidare kommer inte brandens påverkan på bärande konstruktioner att beaktas. Ingen djupare undersökning av lokalens ytskiktets påverkan på utrymningssäkerheten kommer att genomföras i rapporten. Lokalen saknar i dagsläget ett brandcellsöverskridande ventilationssystem vilket innebär att en undersökning av brandspridningsmöjligheten via ventilationssystemet blir onödig.

1.6 Rapportens disposition

I kapitel 1 inleds rapporten med en beskrivning av bakgrunden till och syftet och målet med arbetet. En redogörelse för de metodval som gjorts under arbetets gång redovisas även här.

Kapitel 2 innehåller en kortare beskrivning av objektet som undersökts, d.v.s. Harry's i Norrköping.

Kapitel 3 redogör för det befintliga brandskyddet hos Harry's i Norrköping.

Kapitel 4 redovisar en jämförelse av Harry's befintliga brandskydd med de krav som ställs i Boverkets Byggregler.

Kapitel 5 sammanfattar den procedur som legat till grund för valet av lämpliga scenarier. Kapitlet inleds men en kort redovisning av den statistik rörande nattklubbsbränder som finns samlad.

Kapitel 6 redogör för ett av de valda scenarierna, nämligen garderobsbrand. Resultatet från simuleringar av branden i datorprogrammet Argos redovisas även i detta kapitel.

Kapitel 7 redovisar scenariot – brand i förråd på markplan. Även detta scenario har undersökts i datorprogrammet Argos.

Kapitel 8 redovisar brandscenario 3 – brand i förråd på källarplan. Scenariot simuleras i CFAST.

Kapitel 9 sammanfattar de undersökningar som genomförts av brandscenario 4 – brand i damtoalett. Ett antal enklare handberäkningar har gjorts för att verifiera scenariot.

Kapitel 10 redogör för utrymningssimuleringar som genomförts i datorprogrammet Simulex.

Kapitel 11 sammanfattar de slutsatser som kan dras angående utrymningssäkerheten hos Harry's i Norrköping

Kapitel 12 redogör för ett antal åtgärdsförslag som författarna anser vara lämpliga utifrån tidigare redovisat resultat.

2 Objektsbeskrivning

Syftet med kapitlet är att ge läsaren en bild av det aktuella objektet med avseende på dels fysiska företeelser och dels verksamheten.

2.1 Verksamheten

Harry's i Norrköping ingår i en större kedja av pubar i Sverige. Varumärket Harry's Pub, Café & Restaurang är mönsterpatenterat och ägs av Harry's Pubar AB. Idag finns 23 restauranger och målsättningen är att fram till 2006 ha totalt 30 enheter i Sverige, 10 i Norge och fem i Danmark. Konceptet består bland annat av att inredning ska vara likadan i samtliga pubar ägda av Harry's.

I Norrköping har Harry's öppet första torsdagen i månaden till klockan 02, fredagar och lördagar till klockan 03. Åldersgränsen är 23 år. Musiken arrangeras av en DJ som börjar ca 22.00. Vissa kvällar arrangeras fester med särskilda teman. Utöver nattklubbsdelen inhyser lokalen även en restaurangdel bestående av inom- och utomhusservering. Utomhusserveringen är dock enbart öppen under sommaren och då fram till klockan 23. Lokalen kan dessutom hyras av privatpersoner för födelsedagsfirande eller firmafester

Antalet anställda på nattklubben brukar variera mellan 15 och 20 stycken och består av kockar, serveringspersonal och administrativt folk. Utöver ordinarie personal befinner sig även 3 ordningsvakter i lokalen under öppettiderna.

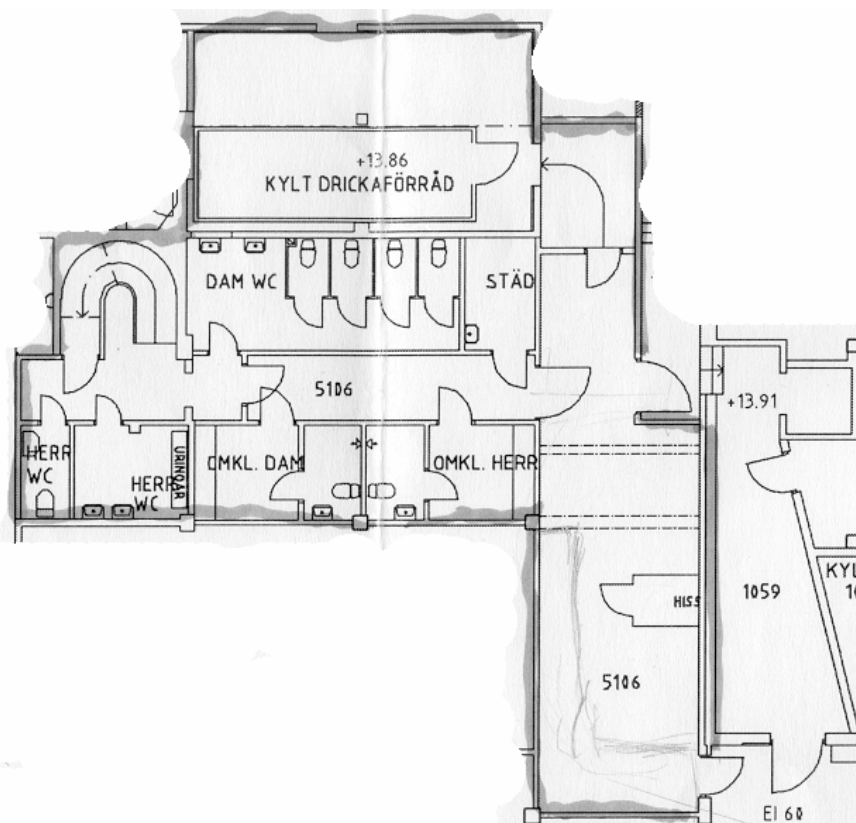
2.2 Byggnaden

Harry's är belägen i ett affärskomplex som är inrymt på bottenplanet i ett flervåningshus från 1970-talet. Byggnaden är centralt belägen med ingång från gågatan, Drottninggatan, se figur 2.1. Harry's har använt lokalen sedan år 2000, dessförinnan användes lokalen för försäljning av järn- och husgeråd



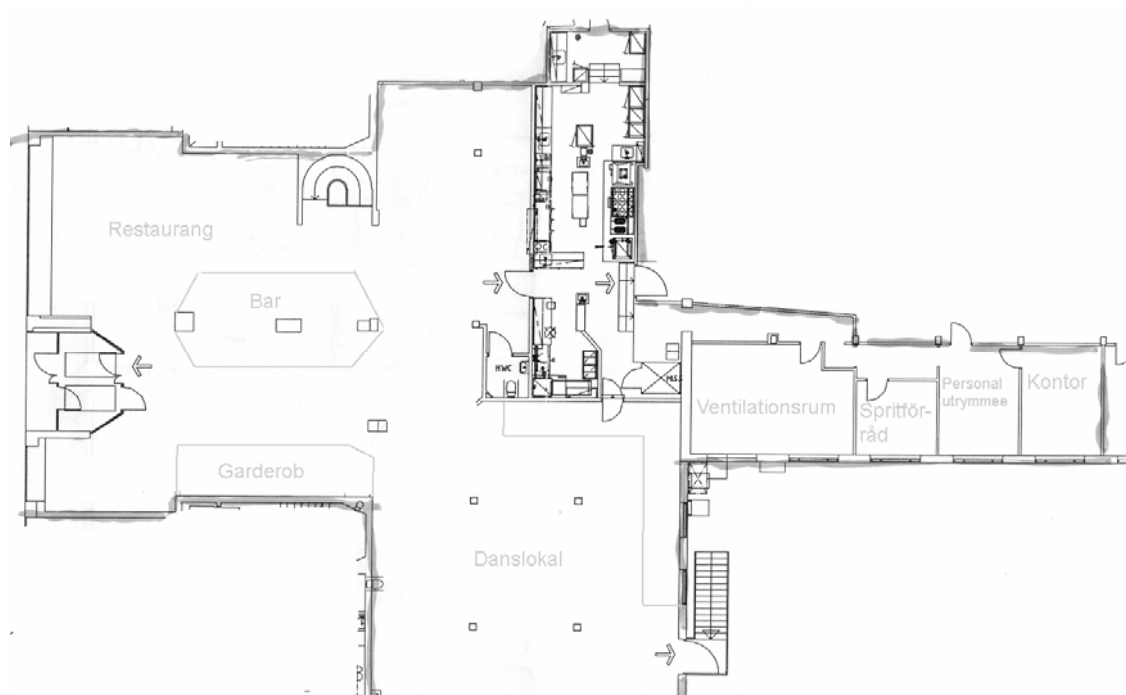
Figur 2.1: Entré från Drottninggatan.

Lokalen är upprättad i två plan och den totala ytan summeras till 768 m². Takhöjden varierar mellan 2,7 och 4 meter. Väggar, tak och golv är överlag upprättade i betong och gips. På källarnivå finns gästtoaletter, personalutrymmen samt ett förrådsutrymme belägna, se figur 2.2.



Figur 2.2: Planritning av källarplan

Restaurang och danslokal tillsammans med kök är däremot belägna på markplan, se figur 2.3. På markplanet är dessutom ett kontor, garderoben, spritförrådet, ytterligare ett förråd och en handikappptalett placerade. I restaurangdelen finns det plats för 70 sittande.



Figur 2.3: Planritning av markplan.

Lokalen är i dagsläget dimensionerad för att inhysa sammanlagt 300 personer.

3 Befintligt brandskydd

Syftet med kapitlet är att kort beskriva det befintliga brandskyddet hos Harry´s i Norrköping.

3.1 Aktiva system

Brandförlopp är ofta snabba och tiden till övertändning kan i många fall vara kort, vilket medför att man vill upptäcka samt hämma branden i ett tidigt skede. Ett sätt att uppnå detta är genom att installera aktiva system. Med aktiva system avses bl.a. detektorer, brandgasventilation samt sprinkler.

Hos Harry´s i Norrköping funktionsprovas de brandtekniska installationer 2 gånger om året.

3.1.1 Detektorer

I dagsläget är kontorsdelen och källaren utrustade med rökdetektorer. Den stora restaurangdelen och danslokalen saknar detektorer så när som på en rökdetektor som är placerad ovanför trappan mellan våningsplanen.



Figur 3.1: Rökdetektor

Detektorsystemet på objektet utgör en sektion i ett större system hos affärscentret Spiralen.

3.1.2 Sprinkler

Nästan samtliga utrymmen i objektet är försedda med sprinkler. Några få biutrymmen såsom damtoaletten och städförrådet på källarplanet saknar sprinkler, se bifogad sprinklerritning i Bilaga 1. Eftersom lokalen var försedd med sprinkler när nuvarande nattklubsverksamhet flyttade in så är en del sprinklerhuvuden inte optimalt placerade, se figur 3.2.



Figur 3.2: Olycklig placering av sprinklermunstycke.

Sprinklersystemet är utformat som ett våtrörssystem vilket innebär att rörssystemet alltid är trycksatt med vatten. RTI-värdet är 130 och med hjälp av sprinklerbulbernas färg, se figur 3.3, konstateras att aktiveringstemperaturen för sprinklerna är normala 67 grader.



Figur 3.3: Sprinklerhuvud med röd bulb.

Ovanför fritösen i köket finns även en koldioxidssprinkler som är kopplad till McDonald's släcksystem.

3.1.3 Brandgasventilation

Harrys lokaler saknar i dagsläget brandgasventilation.

3.1.4 Utrymningslarm

Utrymningslarm kopplat till rökdetektorer finns endast i kontorsdelen, se figur 3.2.



Figur 3.2 Brandlarm

3.2 Passiva system

Till skillnad från de aktiva systemen, som aktiveras vid tecken på brand, har de passiva systemen alltid samma funktion.

3.2.1 Brandcellsindelning

Harry's är i dagsläget upprättad i en enda brandcell (EI 60), vilket innebär att en och samma brandcell inhyser två våningar bestående av bl.a. kök, spritförråd, garderob samt gästutrymmen.

3.2.2 Nödutgångar

Harry's har för tillfället fem utrymningvägar, varav två är utformade som nödutgångar. Utrymningsvägarna finns i dansutrymmet, i köket, i förrådet på källarplan (två stycken) och entrén. Samtliga utom de två som går genom förrådet kan anses som oberoende av varandra.

4 Jämförelse med BBR

Syftet med kapitlet är att jämföra Harry's befintliga brandskydd med de krav på brandskydd som ställs i Boverkets Byggregler. Ingen större vikt skall läggas vid detta kapitel då syftet med rapporten huvudsakligen är att utvärdera Harry's brandskydd utifrån ett alternativt tillvägagångssätt. Jämförelsen görs dock ändå för att visa på hur en sådan kan se ut.

I BBR 2002 finns de krav som gäller vid nybyggnation. Harry's byggdes tidigare, och kraven gäller inte retroaktivt, men en jämförelse kan ändå anses relevant.

BBR 5:1 Allmänt

BBR 5:12 Dokumentation

"En brandskyddsdokumentation skall upprättas. Av denna skall framgå förutsättningarna för utförandet av brandskyddet samt brandskyddets utformning. (BFS 1995:17)"

Enligt uppgift finns ingen brandskyddsdokumentation.

BBR 5:2 Brandtekniska klasser och övriga förutsättningar

BBR 5:21 Byggnad

"Byggnader skall utföras i klass Br1, Br2 eller Br3. Byggnader där brand medför stor risk för personskador skall utföras i klass Br1."

Harry's är belägen i ett flervåningshus och den brandtekniska klassen för byggnaden är således Br1.

BBR 5:232 Brandcell

"Med brandcell avses en avgränsad del av en byggnad inom vilken en brand under en föreskriven minsta tid kan utvecklas utan att sprida sig till andra delar av byggnaden"

Enligt ritningarna över lokalen framgår det att Harry's består av två brandceller. En dörr med skyddsklass EI-60 skall enligt ritningarna separera över- och undervåningen. Denna dörr fanns dock ej i verkligheten, varför hela lokalen är att betrakta som en enda brandcell.

BBR 5:3 Utrymning vid brand

BBR 5:311 Tillgång till utrymningsväg

"Bostäder och lokaler där personer vistas mer än tillfälligt skall ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Om bostaden eller lokalen har fler än ett våningsplan, skall det finnas minst en utrymningsväg från varje plan."

Eftersom ovanvåningen har tre av varandra oberoende vägar ut i det fria, samt att det finns en utrymningsväg från undervåningen anses detta krav vara uppfyllt.

BBR 5:331 Gångavstånd till utrymningsväg

"Gångavståndet inom en brandcell till närmaste utrymningsväg skall inte vara längre än att brandcellen kan utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår."

Enligt Brandskyddshandboken Tabell 6.2 skall maximalt gångavstånd till närmaste utrymningsväg inte överstiga 15 meter i en danslokal med alkoholserving. Med nuvarande utrymningsvägar

anses detta krav som uppfyllt. Se dock BBR 5:332 nedan. Utan den långa utrymningsvägen från köket överstigs det maximala avståndet för personer som befinner sig i utrymmet längst upp i lokalen jämte köket.

BBR 5:332 Gångavstånd inom utrymningsväg

"I en utrymningsväg skall gångavståndet till närmaste trappa som leder till annat våningsplan eller utgång som leder till gata eller motsvarande inte vara längre än att utrymningen kan ske snabbt."

Enligt rekommendationer i Brandskyddshandboken skall gångavståndet i en utrymningsväg från en samlingslokal inte överstiga 7 meter om utrymningsmöjligheter endast finns i en riktning. På Harry's finns en markerad utrymningsväg som leder från köket ut i det fria genom en 58 meter lång korridor. Denna korridor kan därför inte anses uppfylla kraven för en nödutgång.

BBR 5:34 Framkomlighet

BBR 5:341 Passagemått i utrymningsväg

"Utrymningsvägar skall utformas med sådan rymlighet och framkomlighet att de kan betjäna det antal personer de är avsedda för."

Tillhörande råd i BBR säger att utrymningsvägar från brandceller som är avsedda för fler än 150 personer bör ha en bredd som inte understiger 1,2 meter. På Harry's är detta krav tillgodosett.

BBR 5:342 Dörr i utrymningsväg

"Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara utåtgående i utrymningsriktningen och lätt identifierbara som utgångar"

Alla utrymningsdörrar på Harry's var utåtgående och lättöppnade.

BBR 5:35 Utrustning

BBR 5:351 Vägledande markering

"Vägledande markeringar för utrymning skall finnas om berörda personer förväntas ha mindre god lokalkännedom. Skyltar skall placeras i anslutning till utgångsdörrar till och i utrymningsvägar. Skyltar skall utgöras av behysta eller genomlysta gröna skivor med tydliga, vita symboler."

På båda våningarna vid varje utgång fanns erforderliga skyltar.

BBR 5:353 Nödbelysning

"Nödbelysning skall möjliggöra utrymning på ett säkert och effektivt sätt även vid strömavbrott. Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägarna i byggnader som innehåller hotell, vårdanläggning eller samlingslokal."

På Harry's var nödbelysning installerad i vad som kan anses vara tillräcklig utsträckning.

BBR 5:354 Larmsystem

BBR 5:3541 Automatiskt brandlarm

"I byggnader eller i delar av byggnader där krav på tidig upptäckt av brand ställs skall automatiskt brandlarm installeras. Detektering skall, där så är möjligt ske med hjälp av rökdetektorer. Systemet skall ge signal till bemannad plats då personer finns i byggnaden."

Automatiskt brandlarm fanns, även om antalet detektorer inte var speciellt stort.

BBR 5:3711 Utrymningslarm

"Samlingslokaler skall förses med utrymningslarm som aktiveras automatiskt eller från bemannad plats vid brandindikatorn."

BBR 5:5 Skydd mot brandspridning inom brandcell

BBR 5:512 Ytskikt och beklädnad i utrymningsväg

"Ytskikt och beklädnader i utrymningsvägar skall utföras i material som ger ett försumbart bidrag till brandspridning. Utrymning från samlingslokaler och lokaler för brandfarlig verksamhet skall ha tak- och väggytor med ytskikt av klass B-s1,d0 (klass I) anbringat på material av A2-s1,d0 (obrännbart material) eller på tändskyddande beklädnad. Utrymningsvägar från samlingslokaler och i byggnader i klass Br 1 skall golvbeläggning vara utförd i material med måttlig benägenhet att sprida brand och utveckla brandgas."

BBR 5:513 Ytskikt och beklädnad i vissa lokaler

"I vårdanläggningar, storkök, samlingslokaler och lokaler för brandfarlig verksamhet skall väggar och tak utformas så att en brands utveckling i lokalen inte får nämnvärt bidrag från takens och väggarnas ytskikt och beklädnader"

I tillhörande råd till BBR 5:513 står att *"Väggar och takytor i samlingslokaler och lokaler för brandfarlig verksamhet bör ha ytskikt av klass B-s1,d0 (klass I) fäst på material av A2-s1,d0 (obrännbart material) eller tändskyddande beklädnad. Golvbeläggning bör utföras av lägst klass D-s1 (klass G)".*

Alla väggar i lokalen, och även i den långa utrymningsvägen var av betong. Dessutom var taken av betong och delvis klädda med brandtåliga plattor.

Eftersom även golvet i utrymningsvägen bestod av betong och golven i samlingslokalen bestod av tändskyddsbehandlat trä, måste kraven anses som uppfyllda.

5 Brandscenarier – Allmänt

Syftet med kapitlet är att redogöra för de scenarier som valts att studeras djupare och på vilka grunder dessa val gjorts.

5.1 Statistik

Vid val av representativa scenarier kan ett antal hjälpmedel användas för att tydligt motivera varför dessa val görs. Ett alternativ kan vara att studera tillgänglig brandstatistik.

Harry's i Norrköping har fram till idag inte råkat ut för några bränder. På nationell nivå har däremot antalet bränder i restauranger/danslokaler under de senaste 7 åren legat kring 129 per år med 10-20 lindrigt skadade och någon lite mer allvarligt skadad som följd. Undantaget till denna statistik är den s.k. Göteborgsbranden som får betraktas som en unik händelse.

Utifrån räddningstjänsternas insatsstatistik sammanställs årligen skriften "Räddningstjänst i siffror" /1/. Med hjälp av denna skrift kan ett antal slutsatser dras kring bränder som uppstår i restauranger och nattklubbar.

Under de senaste sju åren har de bränder som rapporteras från restauranger/danslokaler företrädesvis startat i /1/ :

- Kök (30 %).
- Samlingslokal (11%).
- Försäljningsställen (8 %).
- Utomhus (7%).

När det gäller startföremålen för bränderna i restauranger/danslokaler är det huvudsakligen tre föremål som dominerar statistiken, nämligen /1/:

- Lös inredning (10%)
- Spis (10%)
- Byggnadens utsida (10 %)

Orsaken till bränderna i restauranger/danslokaler är också väldigt intressant att studera för att göra en rimlig bedömning av sannolikheten för att en brand uppstår på Harry's i Norrköping. Brandstatistiken visar att de främsta brandorsakerna är /1/:

- Anlagd brand (20 %)
- Tekniskt fel (15 %)
- Okänd anledning (30 %)

Dessa tre brandorsaker står alltså för ca 65 % av alla bränder i nattklubslokaler. Viktigt att påpeka är att många experter bedömer att mörkertalet för de anlagda bränderna är stort/1/. Många bränder av de med okänd anledning tros vara anlagda, men detta har dock inte kunnat bevisas.

5.2 Representativa scenarier

Utifrån ovan redovisade generella studie av brandstatistik och ett platsbesök på Harry's i Norrköping har vissa beslut kring vilka scenarier som skulle vara intressanta att studera tagits.

5.2.1 Händelseträdsanalys

Sammantaget för hela lokalen kan vissa generella slutsatser dras kring möjligheten för brandspridning. De kritiska händelser som anses påverka händelseförloppet av en brand är:

- Personalen upptäcker/upptäcker inte branden.
- Personalen lyckas/lyckas inte med att släcka branden.
- Brandlarmssystemet aktiveras/aktiveras inte.
- Sprinklersystemet aktiveras/aktiveras inte.
- Utrymningsvägar är blockerade/ej blockerade.

Utifrån dessa kritiska händelser kan ett händelseträd konstrueras, se Bilaga 2. Händelseträdet underlättar och möjliggör en systematisering av valet av lämpliga scenarier. Ur händelseträdet fås att det för varje startutrymme finns 16 möjliga scenarier. Det är därför av intresse att avgöra vilka startutrymmen som är intressanta att studera för att kunna gallra ytterligare bland möjliga scenarier. Trots att dessa fem händelser valts som kritiska är det viktigt att tänka på att fler aspekter egentligen påverkar händelseförloppet. T.ex. är det avgörande hur tidigt man upptäcker branden och hur människorna i lokalen reagerar. Vissa utrymmen kan exempelvis vara obemannade vilket försvårar tidig upptäckt.

5.2.2 Startutrymme

Inledningsvis ansågs i princip alla utrymmen i lokalen utgöra rimliga startutrymmen. Efter en diskussion inom gruppen och med handledare samt med hjälp av tillgänglig statistisk fattades däremot ett beslut om att köket, garderoben, förråden på källar- och markplan, toaletterna, personalutrymmena vore de mest rimliga startutrymmena. På grund av lokalens geometriska utformning insågs att en brand i köket respektive garderoben skulle påverka samma utrymmen men att brandbelastningen i garderoben var högre. I kombination med att en brand i förrådet på ovanvåningen dessutom skulle komma att påverka köket togs ett beslut om att garderoben och förrådet på ovanvåningen är mer intressanta startutrymmen än köket. Detta trots att statistik visar på att köket är det vanligaste startutrymmet. Källarplanets geometri resulterade i beslutet att förrådet och toaletterna var lämpliga startutrymmen. En brand i förrådet skulle påverka samma utrymmen som en brand i personalutrymmet men omfattningen av de båda skulle skilja sig åt på grund av skillnaden i brandbelastning. Anledningen till att damtoaletten därefter valdes är för att det där saknas detektorer och sprinklerhuvuden. Genom att nu kombinera resultatet av händelseträdet med valda startutrymmen kan 64 möjliga scenarier skapas. Exempel på dessa är:

- En brand uppstår i garderoben och personalen upptäcker den. När branden upptäcks är den så pass omfattande så att personalen misslyckas med manuell släckning. Rökdetektorer saknas och av någon anledning löser inte sprinklersystemet ut. Hanteringen av branden är nu beroende av manuell larmning och räddningstjänstens släckinsats. Ingen av utrymningsvägarna är blockerade.
- En brand uppstår i förrådet på markplan men på grund av förrådets placering dröjer det innan branden upptäcks av någon. Sprinklersystemet aktiveras. På grund av förrådets placering har dock en av utrymningsvägarna blockerats av kraftig rökutveckling.
- En brand uppstår i förrådet på källarplan och rök pyser upp till köket via mathissen. Detektorerna larmar till räddningstjänsten och sprinklersystemet löser ut. På grund av kraftig trängsel vid utrymningen blockerar en av utrymningsvägarna.
- En brand uppstår på damtoaletten men upptäcks snabbt varvid en manuell släckinsats av personalen är tillräcklig.

I kommande kapitel redogörs för ett antal scenarier som valts att studeras djupare och undersökas med datorbaserade verktyg.

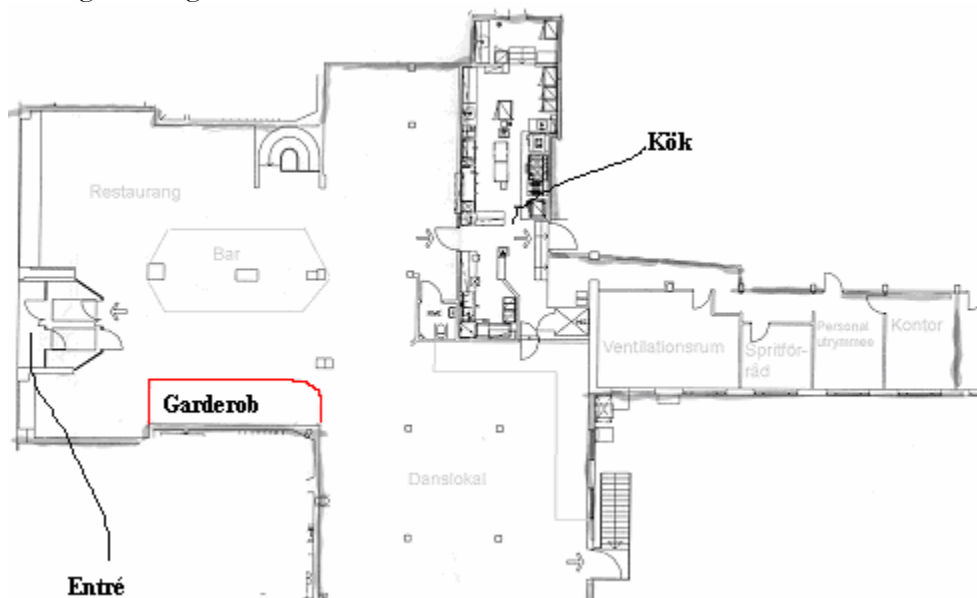
Viktigt att hålla i minnet under fortsatt läsning är att den brandtekniska riskvärderingen i detta arbete avser utrymningssäkerheten. Därför har tonvikt vid framtagning av brandscenarier lagts på initialskedet av branden samt den del av den fullt utvecklade branden som pågår under utrymningen. Hur branden antas avta beaktas bara i de fall där branden antas brinna ut innan utrymningen är avslutad. Skulle rapporten inte avse utrymningssäkerhet utan avse materiella skador hade valet av dimensionerande brand möjligtvis sett annorlunda ut.

6 Brandscenario 1 - Garderobsbrand

Syftet med kapitlet är att beskriva ett av de scenarier som valts att studeras i denna rapport. Vidare kommer scenariet att simuleras i programmet ARGOS för att visa på konsekvenserna till följd av branden.

6.1 Förutsättningar

Utifrån tidigare resonemang gällande lokalens geometri, se figur 6.1 och garderobens höga brandbelastning valdes garderobsbrand som ett intressant scenario.



Figur 6.1: Markplanets geometri

Trolig brandsorsak anses vara en cigarett eller tändare som i varmt tillstånd lagts ned i någon ficka innan inhängning. Sannolikheten för en brand i garderobsutrymmet är, om man tittar på statistiken, liten i och med att anlagd brand nästan kan uteslutas då personal finns i garderoben hela tiden. Rökning orsakar dock cirka 4-5 bränder om året i restaurang/danslokaler vilket motsvarar cirka 3 % av det totala antalet bränder. Det är alltså inte helt uteslutet att cigaretter och tändare på fel ställen orsakar bränder i denna typ av lokaler.

Garderoben är upprättad i gips och öppningar utgörs av två luckor, som tillsammans har en öppningsarea på 6 m², och en dörr med höjden 2,10 meter och bredden 0,90 meter. I garderoben finns det plats för 300 jackor. Någon ur personalen finns i garderoben under hela kvällen.

I garderoben finns en handbrandsläckare placerad närmast dörren. Möjligheten för personal eller gäster att släcka branden innan den vuxit till sin maximala effekt finns och kan till och med vara mer sannolik än att branden får växa okontrollerad. Detta ses dock som en säkerhetsmarginal i analysen och branden tillåts därför växa okontrollerad. I taket finns dock två sprinklerhuvuden som kan aktiveras vid händelse av brand. Det kan vara av intresse att undersöka hur stor påverkan sprinklersystemet har på en eventuell brand.

6.2 Dimensionerande brand

Val av dimensionerande brand är ofta väldigt svårt att göra. Valet kan baseras på empiriska resultat eller teoretiska samband. För att visa på skillnaden i resultatet beroende på valet av effektutveckling kommer två effektutvecklingar att väljas. I det här fallet är dessutom garderoben sprinklad. Hur sprinkler påverkar brandförloppet beror på hur sprinklersystemet är dimensionerat

i förhållande till brandens tillväxt. Tre typfall av hur sprinklernas inverkan på effektutvecklingen kan behandlas i ett dimensionerande brandscenario redovisas i NFPA 92B /17/. De tre typfallen är:

- Sprinkler släcker branden.
- Sprinkler kontrollerar branden.
- Sprinkler klarar ej av branden.

Enligt NFPA 92B skall det andra alternativet, sprinkler kontrollerar branden, tillämpas såvida inte testresultat finns tillgängliga som styrker att sprinklersystemet faktiskt kan släcka den tänkta dimensionerande branden. I det fall då branden ej påverkas av sprinkler fortsätter branden att utvecklas fram till en maximal effektutveckling som bestäms av tillgången på syre eller bränsle. Den effektutveckling som öppningen tillåter maximalt innan branden blir ventilationskontrollerad kan räknas ut enligt följande ekvationer /10/:

$$\dot{Q}_{\max} = \Delta H_{c,ox} \cdot \dot{m}_a$$

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_{\text{öppning}} \cdot \sqrt{H_{\text{öppning}}}$$

6.2.1 Effektutvecklingar

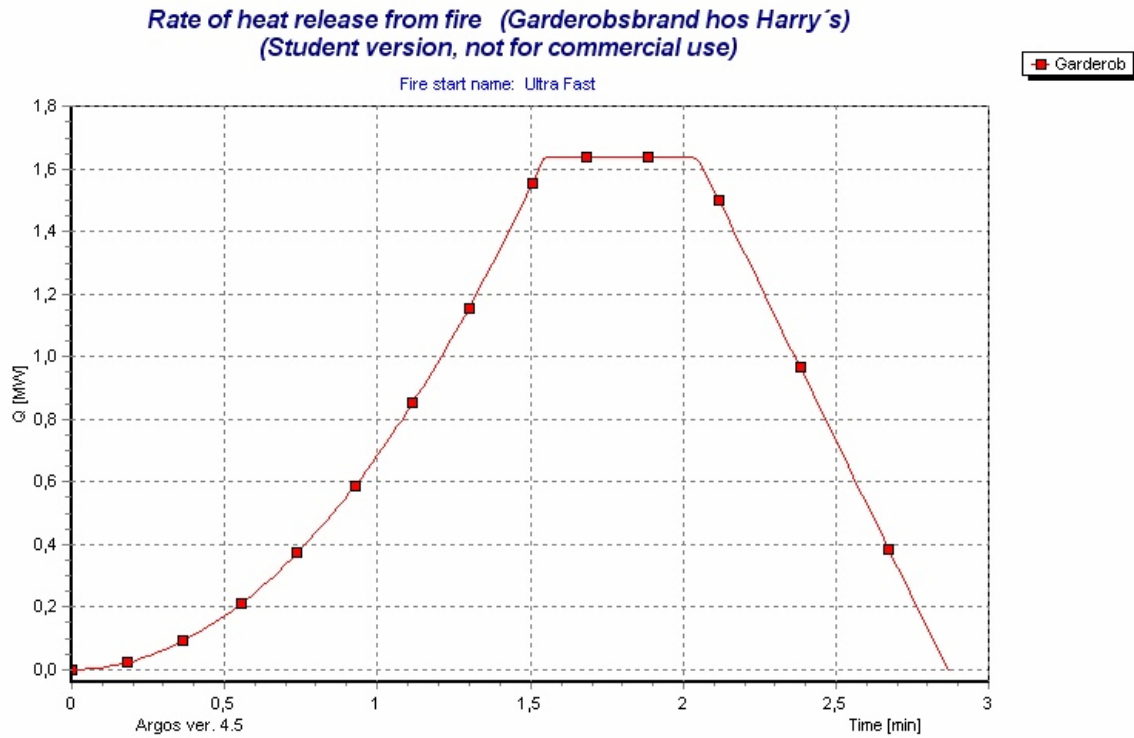
I ett projekt/1/utfört av Björn Johansson genomfördes egna fullskaleförsök för att ta fram effektutvecklingen för bl.a. en garderobsbrand i nattklubb. Intressant för försöket med garderobsbranden var den snabba tillväxthastigheten, efter 90 sekunder uppmättes branden till 4 MW. Projektet resulterade i bedömningen att en garderobsbrand tillväxte enligt en ultrafast α^2 -kurva. Detta resultat kan ge viktig information om en lämplig dimensionerande brand men det är viktigt att inte glömma att försöket inte utfördes med de ventilationsförhållanden som är giltiga för vår lokal. En maximal effektutvecklingen kan därför bestämmas genom att anta att luckorna i garderoben för inlämning av kläder förser garderoben med luft. Maxeffekten blir då 6 MW (Se bilaga 3) om antagandet, att 50 % av det inströmmade syret till garderoben förbrukas, görs. Utifrån Björn Johanssons resultat kan nämnas att tillväxten av branden lämpligen väljs till ultrafast.

I jämförelse till vald dimensionerande brand kan nämnas att Marcus Abrahamsson beskriver i sin rapport "*Scenariotänkande vid brandsyn*" /3/ ett scenario med 100 jackor i en garderob där maxeffekten når upp till 3 MW. Detta ger en indikation på att den valda dimensionerande branden håller sig inom rimlighetens gränser.

6.3 Resultat

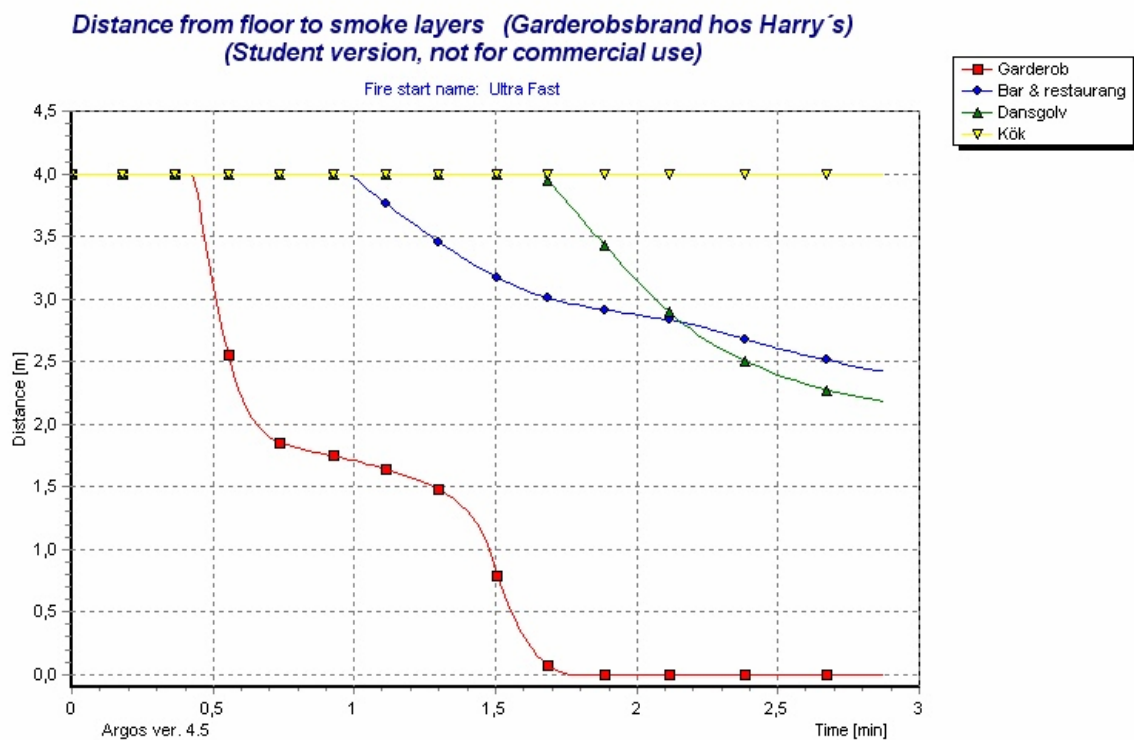
Utifrån den valda dimensionerande branden genomfördes ett antal simuleringar i programmet Argos (se bilaga 5). Syftet med dessa simuleringar var att kunna jämföra resultatet med kommande utrymningssimuleringar.

I Figur 6.2 åskådliggörs brandens simulerade effektutveckling. Ur figuren kan utläsas att brandens tillväxt avstannar efter 90 sekunder. Orsaken till detta är att sprinklerbulberna i garderoben utlösts. Brandeffekten uppgår då till 1,6 MW.



Figur 6.2: Effektutveckling vid garderobsbrand

I figur 6.3 åskådliggörs brandgaslagrets vertikala utbredning i garderoben, bar- och restaurangdel, dansgolvsdelen samt köket.



Figur 6.3: Brandgaslagrets avstånd till golvet

I bilaga 4 redovisas resterande resultat från simuleringen i Argos.

6.4 Känslighetsanalys

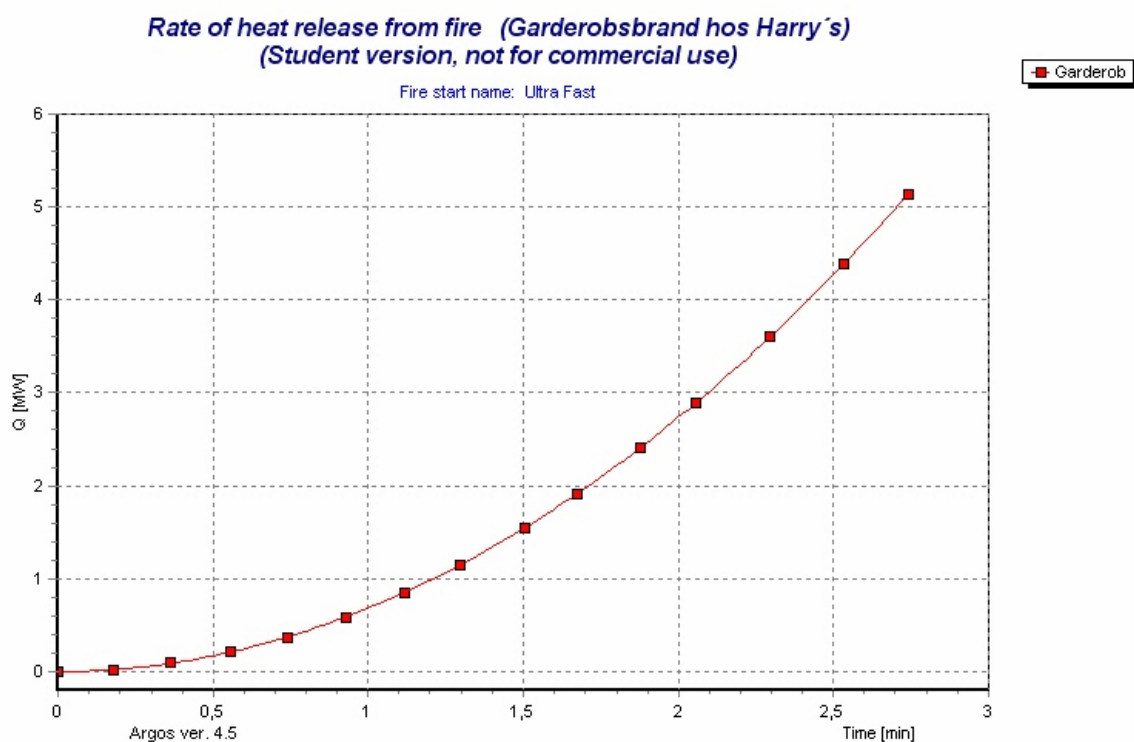
Genom att variera ett antal parametrar kan vissa slutsatser dras kring vad som är mest kritiskt för brandförloppet. Genom att anta att syreförbrukningen i garderoben uppgår till 90% istället för 50% kunde ett nytt scenario simuleras. Dessutom antogs garderobsdörren vara öppen i ett scenario för att kunna avgöra vilken påverkan på brandförloppet detta har. Resultatet av denna känslighetsanalys redovisas delvis i tabell 6.1.

Tid till	Ultrafast – 50 % av syret förbrukas	Ultrafast – 90% av syret förbrukas	Garderobsdörr öppen
Sprinklerutl.	90 s	90 s	90 s
Maxeffekt	1,65 MW	1,65 MW	1,45 MW

Tabell 6.1: Känslighetsanalys.

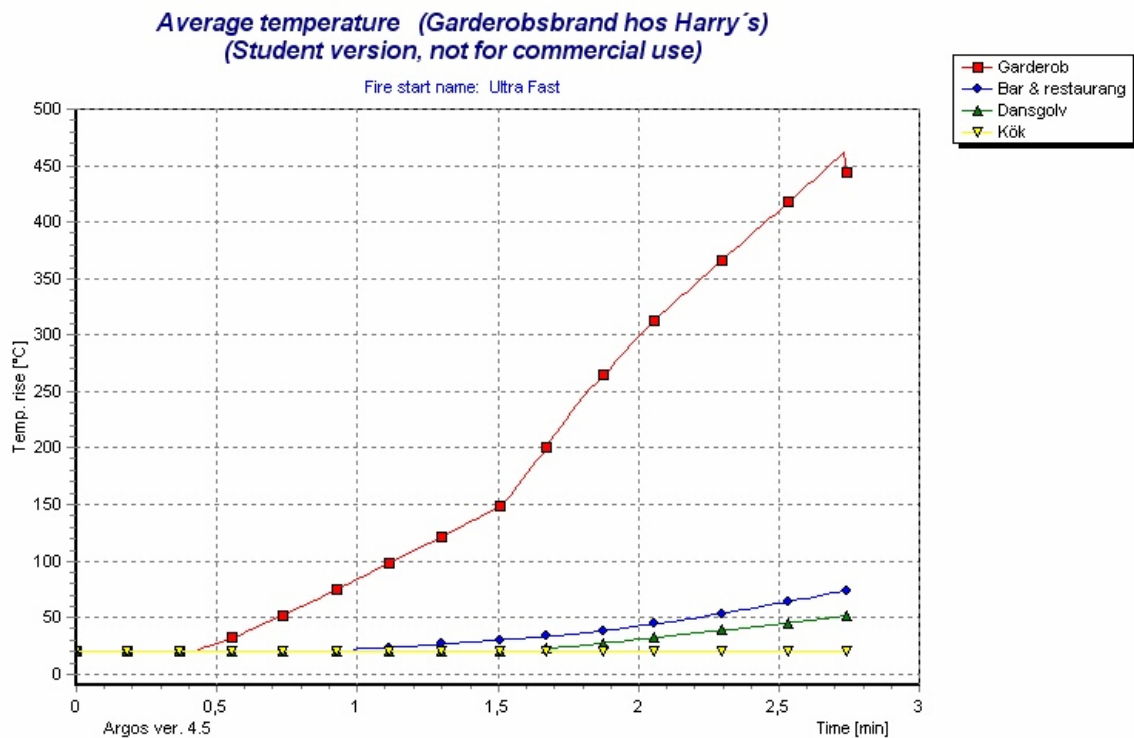
Ur tabellen framgår att maxeffekten blir något mindre i simuleringen då garderobsdörren står öppen. Detta är ett resultat av att programmet Argos inställningar. Då en dörr öppnas kommer en stor del brandgaser att strömma ut ur rummet och förbrännas utanför rummet. Då Argos räknar på den mängd bränsle som finns i garderoben kommer programmet att uppfatta det som att det finns mindre bränsle i garderoben, därav den lägre effekten.

Den slutsats som kan dras av resultaten som redovisas i tabell 6.1 är att en variation av syreförbrukning och öppningsarea inte har så stor inverkan på brandförloppet. Anledningen till detta är främst att sprinklersystemet kommer att utlösas i ett tidigt skede. Det kan därför vara av intresse att veta vilken inverkan ett bortfall av sprinklersystemets funktion skulle ha. Då sprinklersystemet av någon anledning ej aktiveras kommer brandeffekten i garderoben att uppgå till 5 MW efter två och en halv minut, se figur 6.4.



Figur 6.4: Effektutveckling då sprinkler ej fungerar

Dessutom kommer den genomsnittliga temperaturen i angränsande utrymmen utvecklas enligt figur 6.5.



Figur 6.5: Genomsnittlig temperatur i angränsande utrymmen

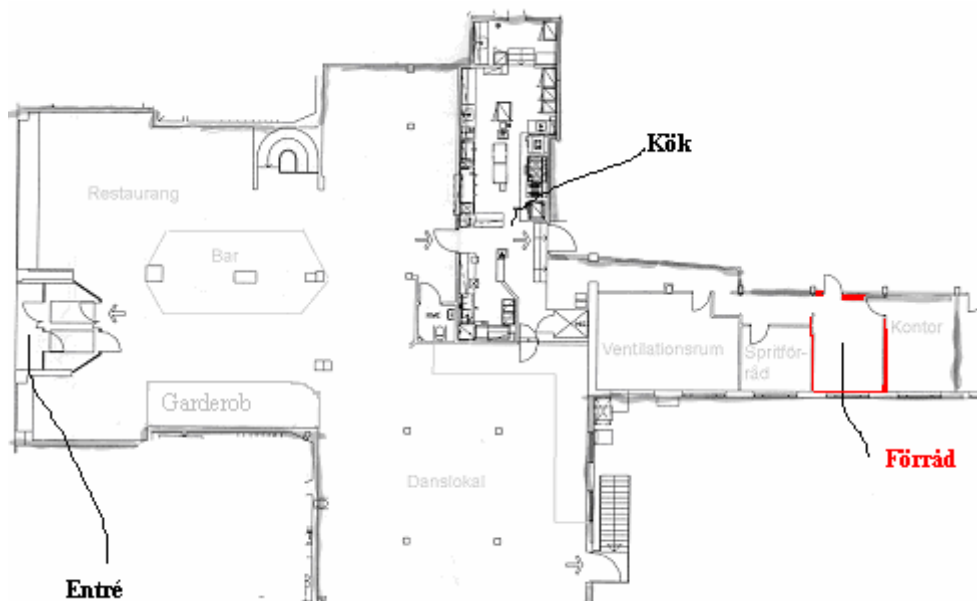
Slutsatsen blir att sprinklersystemet är mycket viktigt vid en brand i garderoben. Statistik visar dock på att sprinklersystem fungerar i 95% av samtliga fall /14/ varför det är rimligt att dimensionera antalet besökande utifrån antagandet att sprinklersystemet kommer att fungera.

7 Brandscenario 2 – Brand i förråd på markplan

Syftet med kapitlet är att redogöra för de förutsättningar som lagt grunden för scenariot brand i förråd på markplan. Scenariot har vidare simulerats i datorprogrammet Argos.

7.1 Förutsättningar

Anledningen till att detta scenario anses vara intressant är att förrådet under en vanlig kväll blir ett ”dolt utrymme”, se figur 7.1, som står i direkt förbindelse med restaurang och danslokalen.



Figur 7.1: Förrådets placering på markplan

En trolig tändkälla är kylskåpet som står i förrådet. Statistik visar /14/ att kylskåp är ett vanligt startföremål. 2003 föranledde frys- och kylskåpsbränder 82 räddningstjänstinsatser.

Utrymmet är 12,6 m² till ytan och har tre dörrar (90*210) och ett fönster (180*130). I simuleringen är endast dörren ut mot köket öppen. De två andra dörrarna uppgavs alltid vara stängda. Se diskussion i känslighetsanalys angående fönstret. Enligt kontaktpersonen på Harry's så används utrymmet under en normal arbetsdag men är inte alltid under tillsyn.

Mitt i rummet sitter ett sprinklerhuvud och ca en meter utanför kylskåpen sitter en rökdetektor.

7.2 Dimensionerande brand

I figur 7.2 synliggörs det faktum att det i förrådet står tre kylskåp placerade intill varandra. Bränslet i branden består av kylskåpets isolering (cellplast) samt andra plaster i kylskåpets innanmäte. Effektutveckling är baserad på typvärde O6/21 /15/. För att få en konservativ simulering räknar vi med att branden får en effektutveckling enligt ultrafast.



Figur 7.2: Förrådet på markplan

I en rapport från utbildningsdagar ifrån Rosersberg finns bilder, se figur 7.3, och beskrivning av ett försök med ett miljömärkt kylskåp. Enligt rapporten blir kylskåpet övertänt på mindre än tre minuter och bildar kraftig svart rök som enligt författaren ”skulle ha räckt för att fylla flera dussin vanliga villor med giftig, smutsande och helt ogenomskinlig rök”.

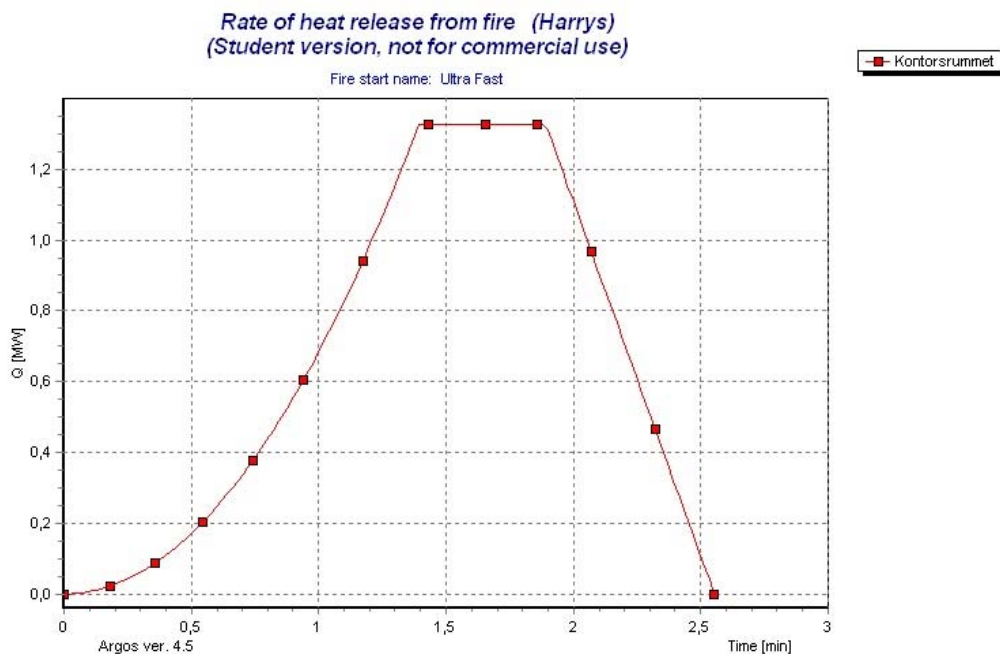


Figur 7.3: Brand i kylskåp.

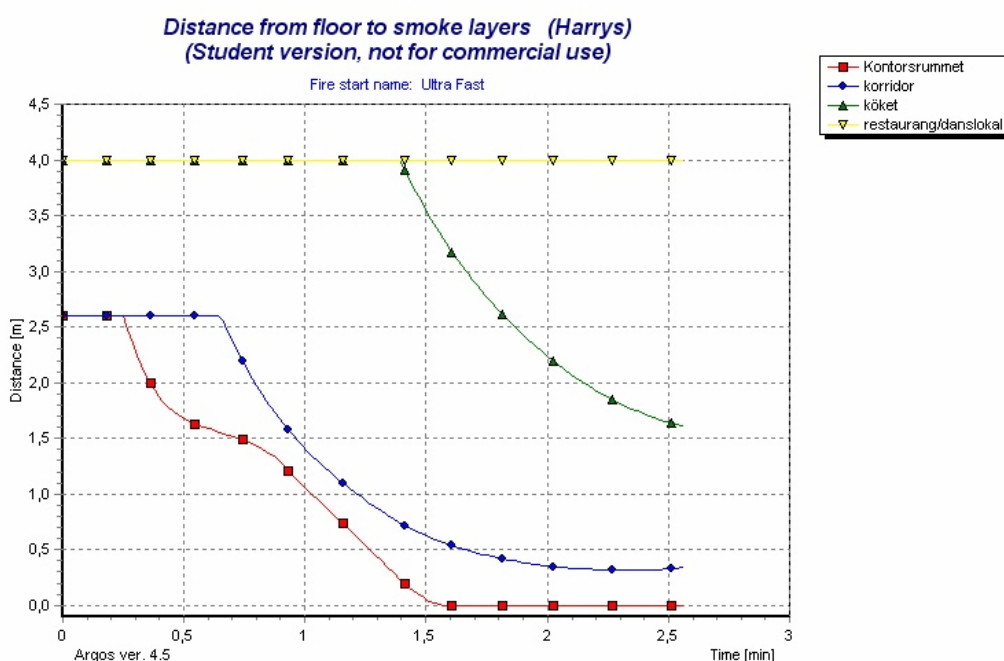
7.3 Resultat

Som synes i figur 7.4 har branden ett mycket snabbt förlopp. Det automatiska brandlarmet för förrådet utlöser redan efter 14 sekunder och sprinklerhuvudet efter 83 sekunder. Dessa uppgifter anses vara rimliga men vad som sedan följer är mer osäkert. I figur 7.2 syns tydligt placeringen av kylskåpen. Sprinklerhuvudet sitter i mitten av rummet vilket simuleringsprogrammet inte har

hänsyn till. Detta innebär att det kommer bli längre tider till släckningsverkan i verkligheten än vad som erhålls i simuleringen eftersom kylskåpen till viss del skyddar branden från vatten.



Figur 7.4: Effektutvecklingen vid brand i förrådet på markplan.



Figur 7.5: Brandgaslagrets avstånd till golvet.

7.4 Känslighetsanalys

För att vara säkra på att förutsättningarna som valts är konservativa simulerades ett ytterligare antal scenarier. En stor osäkerhet är startföremålet. Det finns inte mycket dokumenterat om hur kylskåp brinner, därför kördes en extra simulering med lägre effektutveckling (fast). Ett annat

bekymmer är att simuleringsprogrammet Argos inte tillåter automatisk öppning av dörrar eller fönster. Detta löstes genom en känslighetsanalys med just fönstret i lokalen som variabel.

Tid till	Ultrafast stängt fönster	Fast med stängt fönster	Ultrafast öppet fönster
Automatlarm	14 s	22 s	14 s
Sprinklerutl	76 s	136 s	83 s
Släckning	138 s	192 s	153 s
Max RHR	1,09 MW	0,81 MW	1,32 MW

Tabell 7.1: Resultat av känslighetsanalys

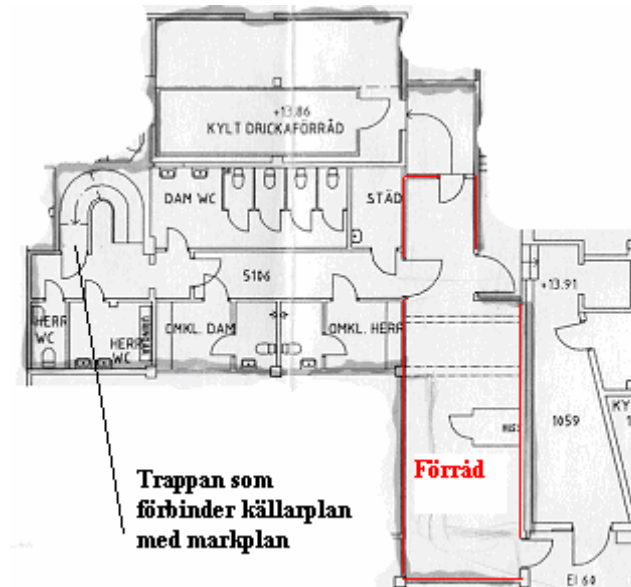
I tabellen ses att simuleringen med öppet fönster ger högst effektutveckling på kortast tid men också att samtliga scenarier är någorlunda lika och ger värden i samma härad.

8 Brandscenario 3 – Brand i förråd på källarplan

Syftet med kapitlet är att undersöka konsekvenserna av en brand i förrådet på källarplan. Ett brandscenario har tagits fram, dimensionerat efter det faktum att förrådet innehåller stora mängder brännbart material och dessutom är obemannat. Simuleringar har utförts i CFAST

8.1 Förutsättningar

Ett tänkbart scenario är en anlagd brand i förrådsutrymmet i källarplanet, se figur 8.1.



Figur 8.1: Förrådets placering på källarplanet.

Rummet är ett genomgångsrum som används som uppställningsplats för olika typer av material. Större mängder brännbart material kan ansamlas i förrådet vilket kan leda till en hög effektutveckling vid en brand. Utrymmet utgör utrymningsväg från källaren och är därför inte låst. Det finns normalt ingen personal i utrymmet. Det är således möjligt att anlägga en brand och låta den växa utan upptäckt.

Utrymmet har en area på cirka 45 m² och takhöjden är cirka 2,7 m. Golv, väggar och tak är av betong. En dörr leder ut i det fria och övriga tre branddörrar leder till olika delar av byggnaden. Det finns en hiss som leder till köket som är beläget rakt ovanför. Utrymmet genomkorsas av ventilationskanaler, men saknar egen ventilation. Fyra sprinkler finns i rummet, ca 50 cm under taket. En rökdetektor finns också i lokalen.

En av dörrarna leder till en korridor som sträcker sig mot de publika delarna av lokalen, dvs toaletter samt trappan till själva restaurangdelen på ovanvåningen. Vid studiebesöket befanns denna branddörr öppen utan automatisk dörrstängare. I det valda scenariot är därför dörren öppen och brandgasspridning sker till korridoren som har dimensionerna 1,5*6,8 meter. Om även nästa dörr står öppen, exempelvis på grund av att stängningsanordning saknas eller att den medvetet spärrats i öppet läge kan brandgaser strömma upp till markplanet och försvåra utrymning.

Då sprinklerhuvudena är lågt placerade kan branden hinna tillväxa innan sprinklern utlöses och därmed bli svårsläckt.

Mindre mängder brandgas kan läcka genom hisschaktet till köket. De brandgaser som når köket från hissen kan om personal finns på plats leda till en tidigare upptäckt och lägesbestämning av branden. Man riskerar dock att utrymningsvägen genom köket ej kan brukas.

8.2 Dimensionerande brand

Ett tänkt brandförlopp i källarplanet utgår från att en band anläggs i förrådet. Utrymmet innehåller en stor mängd brännbart material, se figur 8.2, i form av kartonger, trä, mm, och tillväxthastigheten antas därför vara ”fast” /10/.

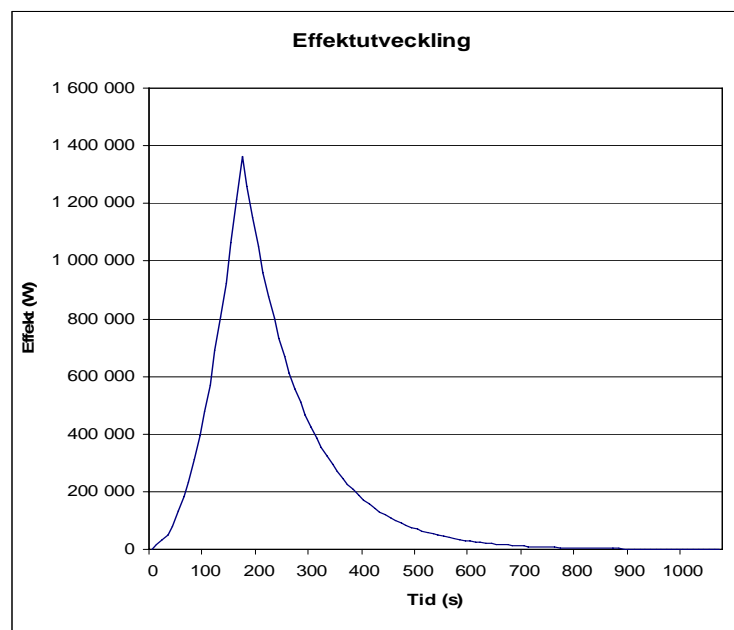


Figur 8.2: Förråd på källarplan

Maximal effekt för branden uppskattas till 5 MW, vilket är den maximala effekten för träpallar med dimensionerna 1.22* 1.22 staplade till 2 meters höjd /10/. Branddörren mot korridoren samt dörren mot trappan förutsätts stå öppna. Övriga dörrar är stängda.

8.3 Resultat

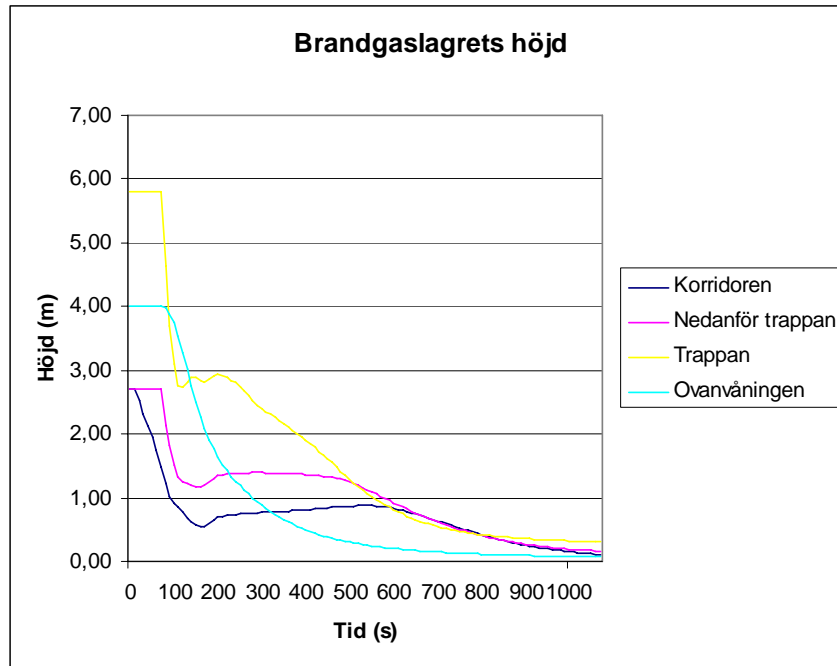
Med den valda dimensionerande branden utfördes simuleringar i CFAST. Under rådande förutsättningar utvecklades brandens effekt enligt figur 8.3.



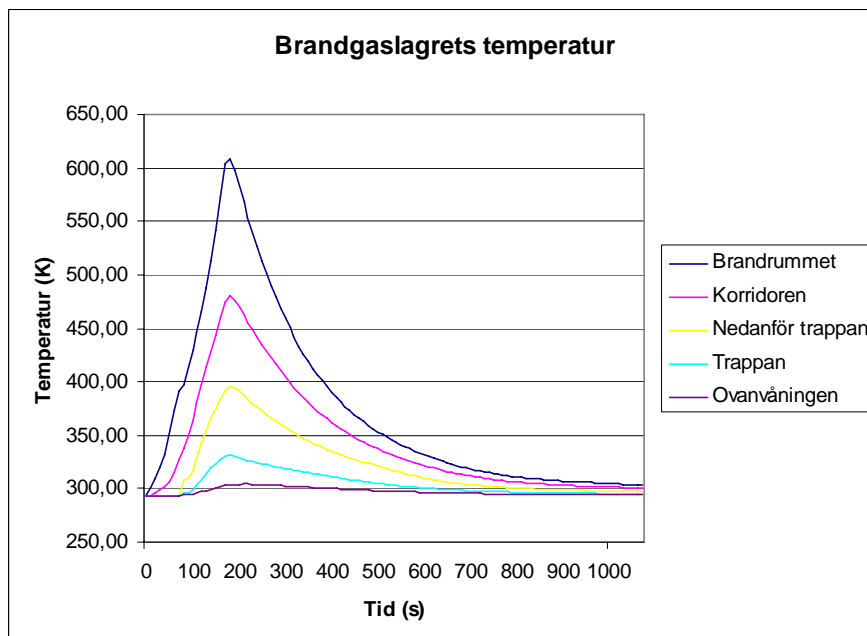
Figur 8.3: Effektutvecklingen av brand i förråd på källarplan.

I diagrammet (fig. 8.3) ser man tydligt att effektutvecklingen hastigt avtar efter knappt 200 sekunder. Orsaken till detta är att sprinklern aktiveras. Detta är en förhållandevis lång tid, vilket tyder på att sprinklernas låga placering gör systemet ineffektivt. När sprinklerna väl aktiverats dämpas brandens effekt för att slutligen i princip helt avta.

Den långa reaktionstiden för sprinklerna medför att en anseilig mängd brandgaser redan hunnit utvecklas. Brandgasernas höjd över golvet samt brandgasernas temperatur åskådliggörs i figurerna 8.4 respektive 8.5.



Figur 8.4: Brandgaslagrets höjd.

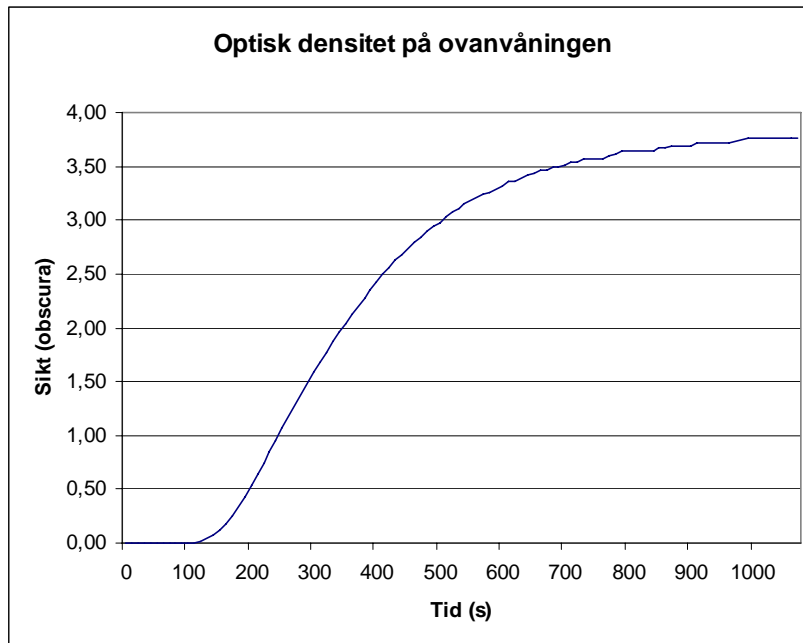


Figur 8.5: Brandgaslagrets temperatur.

I diagrammen indikeras att brandgaserna kommer sjunka till en låg nivå även på ovanvåningen. Dock är temperaturskillnaden mellan brandgaslagret och det undre lagret för liten för att en tvåzonsskiktning skall uppstå. Detta innebär att ett jämnt välblandat skikt kommer att bildas på

ovanvåningen. Resultatet för brandgaslagrets höjd på ovanvåningen (fig. 8.4) är med andra ord inte tillförlitligt.

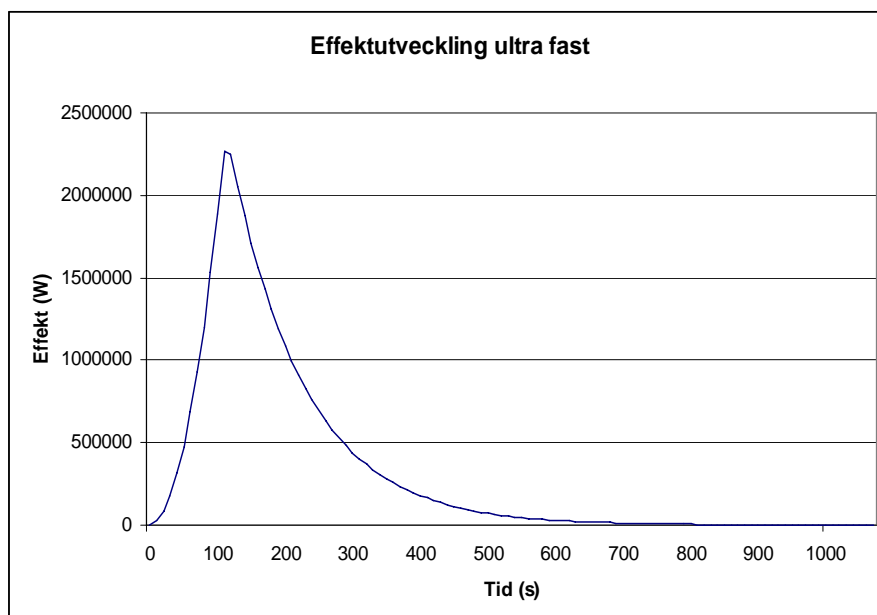
Med hjälp av CPlot räknades den optiska densiteten för detta skikt ut som funktion av tiden och åskådliggörs i diagram 8.6.



Figur 8.6: Optisk densitet på ovanvåningen.

8.4 Känslighetsanalys

Simuleringar med antagandet att branden växer enligt ”ultrafast” visar att branden hinner uppgå till över 2 MW innan sprinkler aktiveras, se figur 8.7.



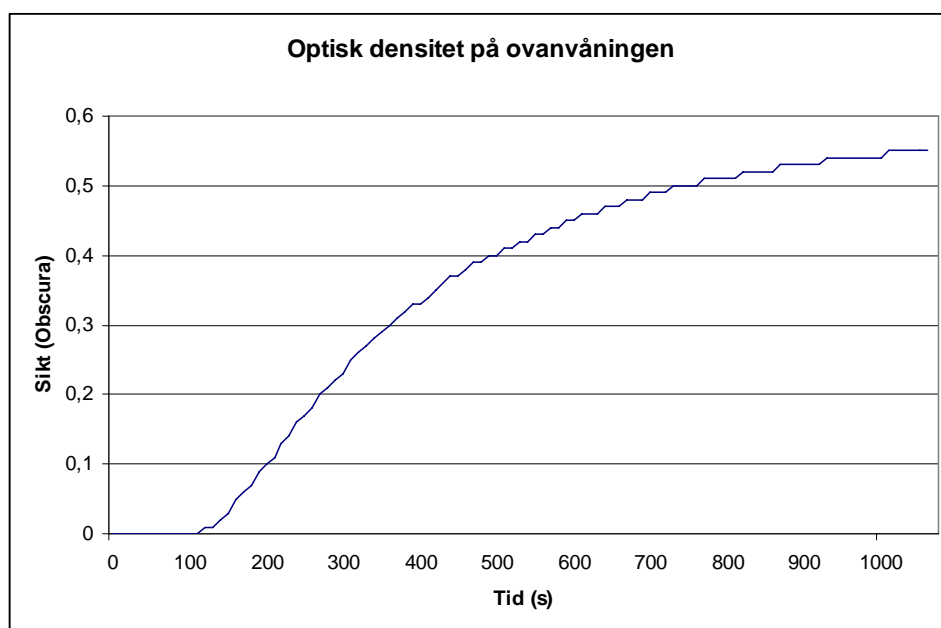
Figur 8.7: Effektutveckling

Detta innebär att siktnedsättningen i lokalen på ovanvåningen kommer att resultera i kritiska förhållanden ännu tidigare.

Simuleringar med maximal effekt på 3 samt 6 MW i stället för 5 MW ger dock ingen skillnad i resultat eftersom sprinklern aktiveras innan maxeffekten uppnås.

Resultaten för den optiska densiteten kan vara något höga, då ingen hänsyn har tagits till att en del av röken vädras ut genom ytterdörrar och ventilationssystem.

En faktor som däremot ger ett stort utslag på resultatet är sprinklernas effektivitet. Simuleringar visar att om sprinklerna placerats 5 centimeter under taket blir scenariot ett helt annat. Detektionstiden sjunker från 170 till 70 sekunder, en skillnad som medför stora konsekvenser. Effektutvecklingen blir mycket mindre och därmed även brandgasutvecklingen (Diagram 8.8).



Figur 8.8: Optisk densitet.

För att få en uppfattning av vad effekterna av branden skulle bli om sprinklersystemet skulle vara ur funktion, simulerades även detta scenario. Resultatet visade på att tiden till kritiska förhållanden i form av siktnedsättning på övervåningen minskade med ca 20 sekunder jämfört med scenariot med nuvarande sprinklerplacering. Den stora skillnaden blev dock att rummet utan fungerande sprinklersystem blev övertänt efter 323 sekunder. Detta medför en drastisk ökning av material- och lokalskador.

9 Brandscenario 4 – Brand på damtoalett

Syftet med kapitlet är att peka på vad effekterna vid en brand på damtoaletten kan bli. CFast har använts för att simulera branden.

9.1 Förutsättningar

Anledningen till att damtoaletten valts som ett möjligt scenario, är att toaletten saknar både rökdetektorer och sprinkler. Det är därför möjligt att en brand kan växa och bli fullt utvecklad utan att upptäckas. Mängden brännbart material på toaletten är dock tämligen begränsat, och därför har en brand i en papperskorg valts att studeras.

I rummet finns fyra små bås med toaletter, och alla dörrar antas stå öppna. Hela rummet är av dimensionerna 6 * 2,7 m² och har helkallade väggar och golv. Vidare finns ventilation, bestående av både till- och frånluftsdon.

För att få ett ”worst-case”-scenario antas att någon slänger en glödande fimp i en full papperskorg och lämnar rummet. När branden fått växa till sin maximala effektutveckling, antas att dörren öppnas, och lämnas öppen, varvid röken strömmar ut i intilliggande lokaler.

9.2 Dimensionerande brand

Branden i en papperskorg är tämligen lätt att dimensionera. Den maximala effektutvecklingen kan antas vara 100kW /10/, och vikten på papperskorgen ca 2 kg. Branden antas vara ultrafast, vilket innebär att den maximala effektutvecklingen uppnås efter 23 sekunder. Med en massavbrining på 12 g/s kommer bränslet vara slut efter ca 170 sekunder.

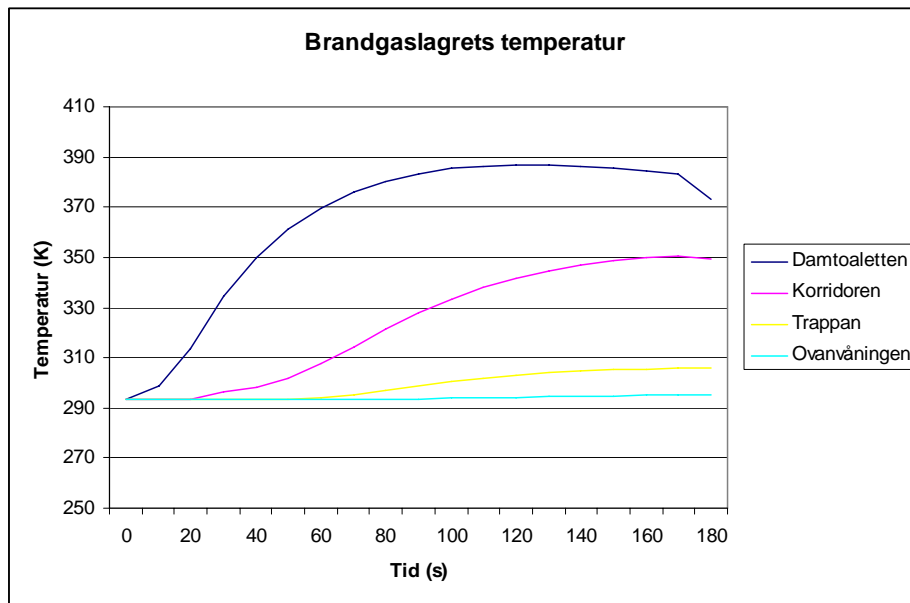
För att hitta värsta möjliga scenario, har olika tidpunkter vid vilka dörren till toaletten öppnas studerats. Resultatet av detta är att värsta scenariot inträffar om dörren öppnas just när maximal effektutveckling har uppnåtts, det vill säga efter 23 sekunder.

9.3 Resultat

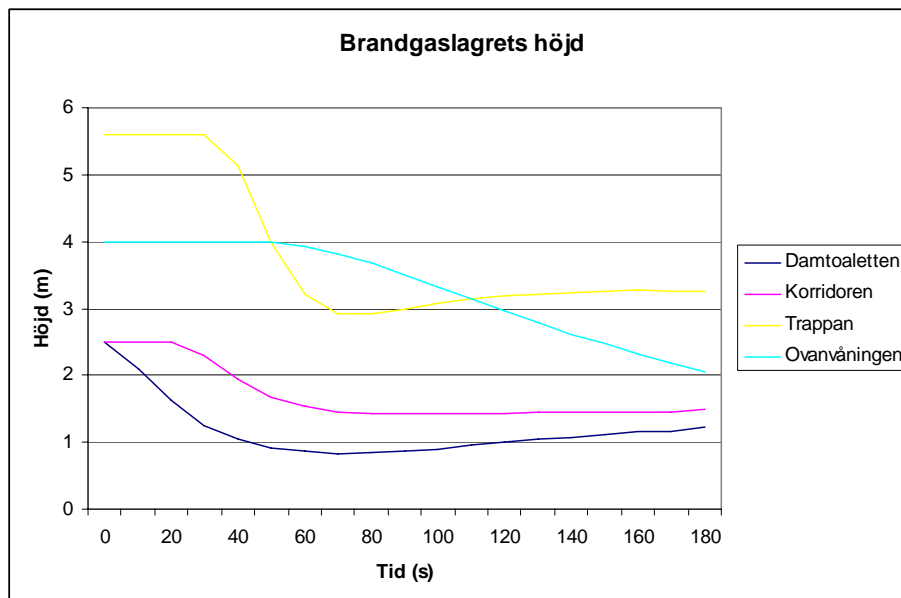
Vid simuleringar i CFast har antagits att dörren till damtoaletten öppnas 23 sekunder efter antändningen. Branden har då uppnått sin maximala effektutveckling, och brandgaslagret är redan på en kritisk nivå. Om dörren lämnas öppen kommer brandgaslagret i korridoren utanför att vara på en kritisk nivå 40 sekunder efter att dörren öppnats.

Enligt CFast bildas även ett brandgaslager vid 2,06 m höjd på ovanvåningen. Dock ser man att temperaturen i brandgaslagret i trappan är endast 10°C högre än temperaturen under brandgaslagret. För att en tvåzonsskiktning ska bildas krävs en temperaturskillnad på minst 20 - 30°C mellan lagren. Eftersom denna temperaturskillnad understigs kommer trappan fyllas med ett välblandat brandgaslager. Härmed kommer en mindre mängd rök komma upp till ovanvåningen, och även där kommer den att blanda sig med luften till ett välblandat lager.

Enligt handberäkningar (bilaga 3) utvecklar 2 kg papper 440 obscura*m³. Man ser enkelt i beräkningarna att detta är alldeles för lite rök för att orsaka kritiska förhållanden på ovanvåningen, även om all rök skulle ta sig dit.



Figur 9.1: Brandgaslagrets temperatur.



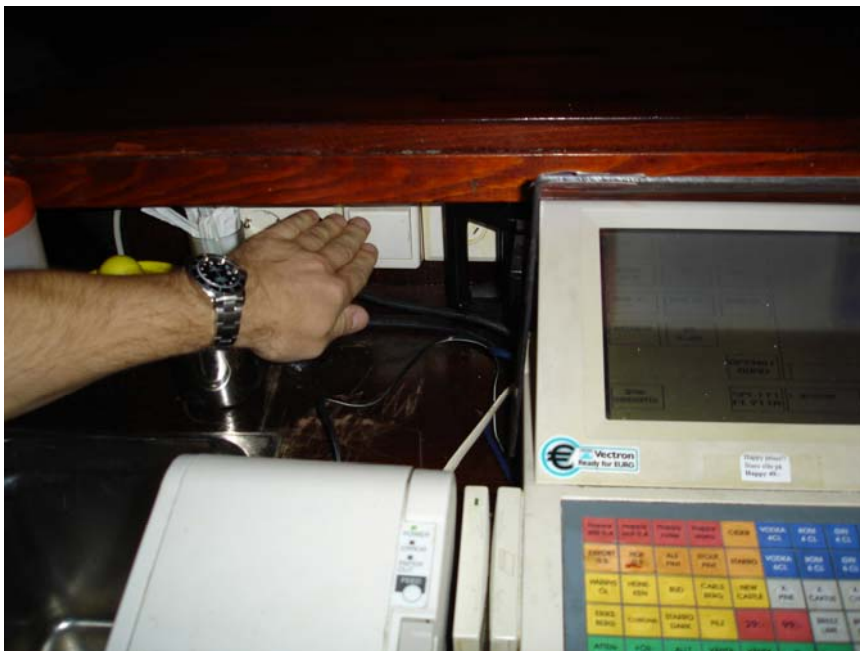
Figur 9.2: Brandgaslagrets höjd.

10 Utrymning

Syftet med kapitlet är redogöra för begreppet utrymning och de kriterier som gäller för säker utrymning. Dessutom kommer utrymnings-simuleringar genomförda i datorprogrammet Simulex /9/ att redovisas.

10.1 Dagens utrymningsrutiner

Dagens utrymningsrutiner bygger på att personal eller vakter skall meddela DJ:n vid brand. DJ:n ska då stänga av musiken samt tala om för gästerna vad som händer och vad som ska göras. Vid bardisken i danslokalen finns en knapp (se bild) som startar ett blixtljus i entrén där vakterna finns.



Figur 10.1 Larmknapp belägen under bardisk.

Vakterna ska sedan ta sig in i lokalen och mota ut alla gäster.

10.2 Allmänt

Enligt Boverkets Byggregler skall brandskyddet hos en byggnad vara dimensionerat så att alla i byggnaden kan utrymma säkert. Detta innebär att alla skall kunna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Lämpligen bör parametrarna, temperatur, strålning, brandgaslagrets höjd, sikt och toxicitet beaktas vid bestämning av tiden till kritiska förhållanden. I brandskyddshandboken /11/ ges förslag på kriterier som definierar gränsen till kritiska förhållanden. De är som följer:

- Brandgaslagret får inte sjunka längre ned än $1,6 + (0,1 * \text{takhöjden})$ meter.
- Personer under utrymning får max utsättas för en värmestrålning på 10 kW/m^2 under en kort tid.
- Personer under utrymning får max utsättas för en värmestrålning på $2,5 \text{ kW/m}^2$ under en längre tid.
- Personer bör under utrymning max utsättas för en temperatur på 80°C .

- I utrymningsvägarna får sikten ej understiga 10 m innan utrymningen är genomförd.
- I brandrummet får sikten ej understiga 5 m innan utrymningen är genomförd.
- De utrymmande får inte utsättas för en CO-halt högre än 2000 ppm.
- De utrymmande får inte utsättas för en CO₂-halt högre än 5 volymprocent.

För att kunna göra en värdering av personsäkerheten måste tiden till kritiska förhållanden jämföras med den tid som krävs för att samtliga människor skall utrymmas. Den tid det tar att utrymma en byggnad kan delas in i tre delkomponenter:

- Varseblivningstid - är den tid det tar från att det börjar brinna till att gästerna är medvetna om detta. När det inte finns något automatiskt brandlarm, som i detta fallet, som talar om att en brand har utbrutit så är det svårt att uppskatta varseblivningstiden. Varseblivningstiden styrs i stället av branden. Först när gästerna ser uppenbara tecken på brand är de varseblivna. Denna tid varierar naturligtvis beroende på var i lokalen man befinner sig.
- Besluts- och reaktionstid - beslutstiden är den tid som förflyter från det att gästerna vet om att det brinner till att de fattar ett beslut om utrymning. Denna tid varierar från person till person och beror delvis på det intryck man får av branden. Den exakta längden på beslutstiden bestäms med hjälp av de tider som finns angivna i boken ”*Tid för utrymning*” /4/ kombinerat med en bedömning baserat på brandförloppets natur och sunt förnuft.
- Förflyttningstid – är den tid som det tar för människorna att förflytta sig till en säker plats.

Utrymningstiden beräknas således genom följande formel:

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

För att säker utrymning skall kunna ske måste den tillgängliga tiden, alltså tiden till kritiska förhållanden, vara längre än utrymningstiden.

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

10.3 Simuleringar i Simulex

För att kunna beräkna förflyttningstiden vid en eventuell brand används datorprogrammet Simulex. I bilaga 5 finns en kortare beskrivning av Simulex och en redogörelse för de förutsättningar som programmet bygger på.

10.3.1 Utrymningstider

I avsnitt 10.2 introducerades begreppet utrymningstid, vilket delades in i tre delkomponenter, nämligen varseblivningstid, besluts- och reaktionstid och förflyttningstid. Detta innebär att samtliga tre delkomponenter måste bestämmas för att utrymningstiden skall kunna beräknas. Förflyttningstiden är i det här sammanhanget enklast att bestämma, och görs lämpligen med hjälp av Simulex. Svårigheten ligger i att bestämma varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstid.

Varseblivningstid:

Harry's saknar i dagsläget automatiskt utrymningslarm, vilket medför att det blir svårt att bedöma varseblivningstiden. Nuvarande utrymningsrutiner som redovisas i avsnitt utrymning innebär

stora fördröjningar i varseblivningen, då systemet är beroende av mänskligt agerande. Varseblivningstiden för gästerna blir följaktligen antingen då de ser uppenbara tecken på brand eller tiden från brandens start till det att DJ:n meddelar gästerna. Denna tid beror till stor del på vart branden inträffar och därför redovisas specifik tid i varje scenario.

Besluts- och reaktionstid:

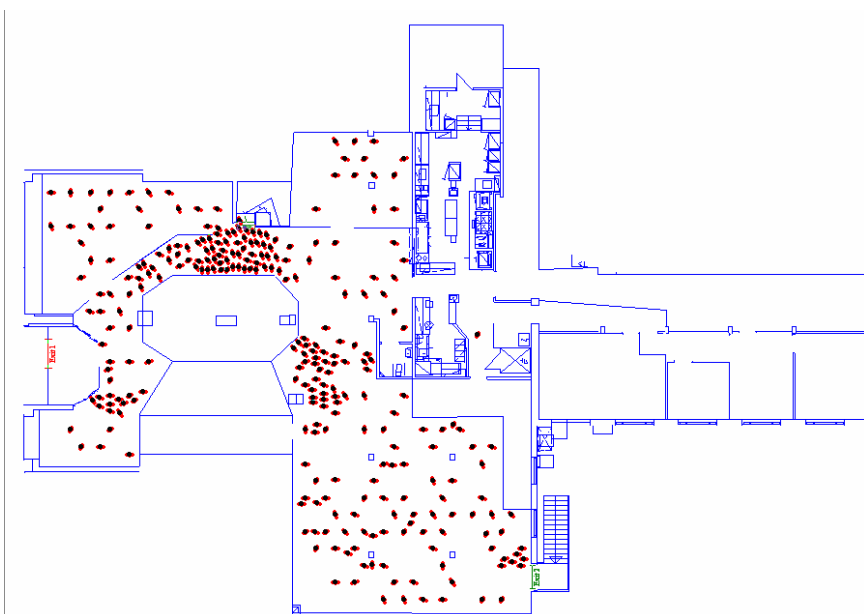
Under normal aktivitet är lokalen full med folk. Ofta är det fullt på dansgolvet och den allmänna ljudnivån är mycket hög. Belysningen är dämpad och en stor andel av gästerna har dessutom intagit stora mängder alkohol. Allt detta har inverkan på besluts- och reaktionstiden. Det kan ta lång tid för personer i lokalen att förstå att det verkligen brinner. Reaktions- och beslutstid är dessutom väldigt individuell. Utifrån råd utgivna av Håkan Frantzich/4/ har det därför beslutats att ansätta besluts- och reaktionstiden till 3 minuter med en naturlig variation på 2 minuter.

Förutsättningar för simuleringar

I samtliga scenarier representeras alla personer i lokalen av figurer med egenskaperna Office Staff. I manualen för SIMULEX anges denna gruppen Office Staff innehålla 40% män, 30% kvinnor och 30% medelpersoner. Denna kategori stämmer mest överens med den personsammansättning som vistas i lokalen. Valet av Office Staff kommer att innebära att de som befinner sig i lokalen förväntas ha en god lokalkännedom och tillskrivs då en viss transporthastighet. Det förutsätts att berusade och handikappade personer kommer att kunna utrymma från lokalen med hjälp av personal eller andra gäster. I samtliga scenarion har varseblivningstiden uppskattats till ca 120 sekunder. Detta är ett ganska högt värde, och beror till stor del på Harry's komplicerade larmsystem.

10.3.2 Scenario 1

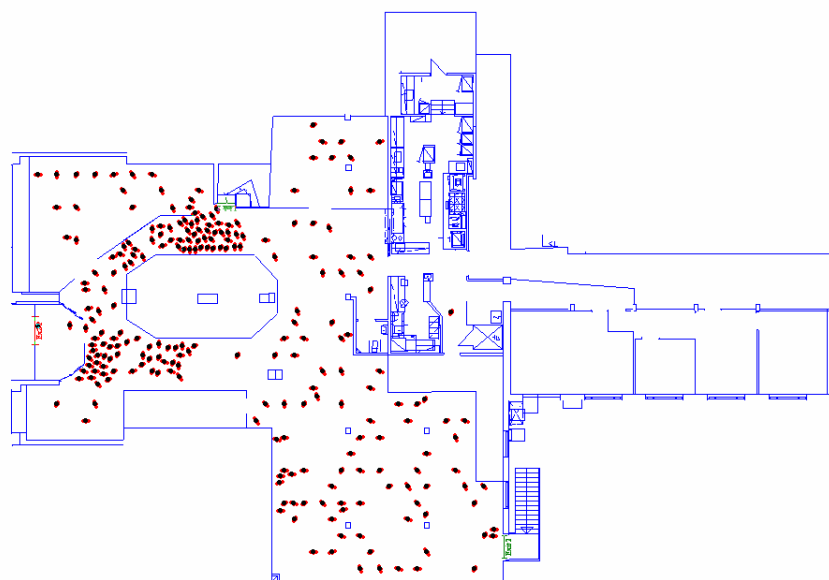
Tiden från upptäckt av brand till larmning via vakter och DJ, d.v.s. varseblivningstiden för gästerna, är uppskattad till ca. 2 min. Denna uppskattning görs på basis av att branden är relativt lättupptäckt och vakterna har kontakt med varandra via hörsnäckor. Vid en brand i garderoben kommer gäster inte att kunna utrymma via gången mellan garderoben och baren på grund av påverkan av brandgaser och strålning. En fysisk avspärning har därför gjorts och de personer som stod där från början flyttades. 90 % av personerna antas använda entrén som utrymningsväg. I restaurangen antas gästerna ha en besluts- och reaktionstid på 2 minuter med en naturlig variation på 30 sekunder. Gästerna i danslokalen förväntas dock ha längre besluts- och reaktionstid eftersom de kan ha svårt att verifiera vad som händer i restaurangen. För dessa människor förväntas besluts- och reaktionstiden sättas till 3 minuter med en slumpmässig variation på 2 minuter. I figur 10.2 åskådliggörs utrymningen ur lokalen vid en garderobsbrand.



Figur 10.2. Utrymning vid garderobsbrand

10.3.3 Scenario 2

Branden i förrådet på markplan är dold från gästerna och det är inte förrän rök strömmar ut från köket som de visuellt kan bekräfta branden. Tid för upptäckt och normal larmgång sätts även här till 2 min, då personal i köket kommer att kunna upptäcka branden relativt fort då ett automatisk brandlarm finns placerat i förrådsdelen. Alla gäster antas ha samma besluts- och reaktionstid, nämligen 3 minuter med en naturlig variation på 2 minuter. I figur 10.3 åskådliggörs utrymningen ur lokalen vid en brand i förrådet på markplan.



Figur 10.3: Utrymning vid brand i förråd på markplan.

10.3.4 Scenario 3

I förrådet på källarplan finns detektorer, kopplade till larmdonen på markplan, placerade. Larmsignalen kommer således även i detta scenario kunna upptäckas av kökspersonalen. Varseblivningstiden sätts därför till 2 minuter. Det är även vid denna tidpunkt röken börjar strömma upp till ovanvåningen. I simuleringarna i Simulex har en fiktiv vägg mellan trappan och baren placerats, för att simulera att ingen människa kommer att passera här på grund av den stora

rökutvecklingen från trappan. Vidare har hänsyn tagits till att människorna nära trappan har kortare reaktions- och beslutstid, beroende på att de först blir varseblivna av röken. Besluts- och reaktionstiden sätts till 2 minuter för de gäster som befinner sig i restaurangdelen och tre minuter för de gäster som befinner sig i dansdelen.

10.3.5 Scenario 4

Branden i damtoaletten är inte någon större brand och få människor förväntas finna sig på källarplanet. Därför kommer inte detta scenario tilldelas några speciella utrymningsförutsättningar.

10.4 Känslighetsanalys

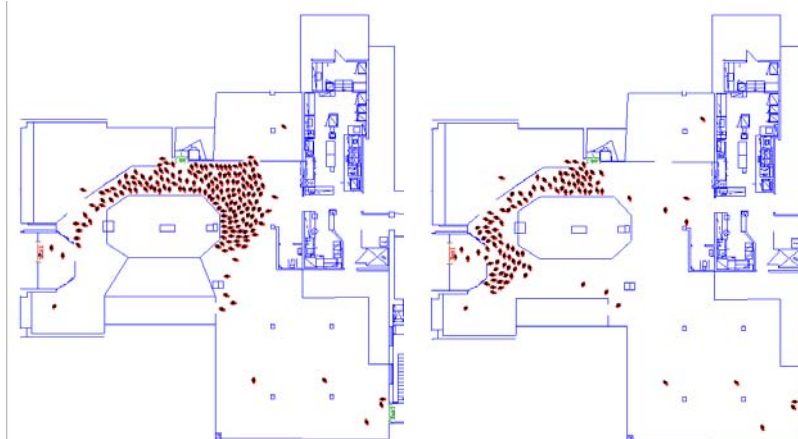
För att verifiera simuleringarna i SIMULEX gjordes förändrade simuleringar för två av scenarierna. Mest intressant att undersöka var hur utrymningstiden varierade med persontätheten och nödutgångsantalet. Den utrymningsväg som varieras börjar i köket och går genom hela affärskomplexet ut i det fria.

Scenario 1	320 personer	410 personer
Tid till utrymning (exkl. varseblivning)	5 min & 30 s	6 min & 40 s

Scenario 3	Utan extra utgång	Med extra utgång
Tid till utrymning (exkl. varseblivning)	5 min & 10 s	5 min & 10 s

Den försening av utrymningen på 70 sekunder som 100 extra gäster orsakar är liten i förhållande till osäkerheterna i simuleringen

Anledningen till att den extra utgången inte ger kortare tid till utrymning är att det finns en flaskhals vid barenns övre del samtidigt som majoriteten av gästerna antas utrymma genom entrén. Denna flaskhals märks tydligt på samtliga simuleringar där man kan utrymma via den övre sidan av baren, se figur 10.1.



Figur 10.1: Simuleringar i Simulex.

Notera att resultaten inte verkar ha något samband med huruvida olika delar av lokalen spärras av. Att lägga till nödutgångar leder inte heller till någon märkbar vinst i utrymningstid. Det blir en stor förändring när reaktionstiden ändras för personer i restaurangdelen. Det är uppenbart att en förändring av larmgång och utrymningslarm skulle kunna korta tiden till utrymningen avsevärt.

11 Värdering av personsäkerhet

Syftet med kapitlet är avgöra huruvida det befintliga brandskyddet hos Harry's i Norrköping är tillräckligt för att lokalen skall kunna utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår.

Med hjälp av Simulex erhöles i förra kapitlet simulerade värden på utrymningstiden för Harry's i Norrköping. Tidigare i rapporten simulerades dessutom valda brandscenarier i CFAST och Argos vilket resulterade i värden på när kritiska förhållanden uppstår. Genom att jämföra den nödvändiga utrymningstiden med den tillgängliga kan vissa slutsatser dras kring huruvida personsäkerheten är tillfredsställande.

11.1 Scenario 1 - Garderobsbrand

Branden inträffar i anslutning till restaurangdelen. En stor del av gästerna och personalen på Harry's kan därför förväntas upptäcka branden visuellt på ett tidigt stadium. Under förutsättning att sprinklersystemet fungerar kan branden begränsas kraftigt. Det är viktigt att utrymningsprocessen organiseras så att samtliga nödutgångar används så att det inte blir alltför stor trängsel vid huvudingången. Då inga kritiska förhållanden uppstår innebär scenariot ingen risk för personsäkerheten.

11.2 Scenario 2 - Brand i förrådet på markplan

Simuleringen i Argos visar att branden inte leder till kritiska förhållanden i dans- och restaurangdelen. Även om viss siktnedsättning uppträder så kan gästerna utrymma utan besvär. Köket är under öppettider fullt upplyst och det borde därför inte vara svårt för kökspersonalen att uppmärksamma brandgaserna i korridoren och utrymma köket innan kritiska förhållanden uppkommer. Den enda uppenbara risk för personskada är om någon ur personalen befinner sig i brandrummet, kontorsrummet innanför eller spritförrådet och inte uppmärksammar branden. Brandförloppet är mycket snabbt och det skulle kunna hända att någon blev instängd i något av ovanstående utrymmen.

11.3 Scenario 3 – Brand i förrådet på källarplan

En brand i förrådsutrymmet utgör den största riskbilden på Harry's i nuläget. Den stora mängden bränsle ger en snabb tillväxt och mycket hög maximal effektutveckling. Detta kombinerat med dåligt placerade sprinkler och avsaknad av dörrstängare, gör scenariot mycket farligt.

Den största hotbilden för människorna på ovanvåningen är siktnedsättningen. Man ser i simuleringsresultaten att sikten på ovanvåningen är kritisk redan 4:10 minuter efter brandens uppkomst. Enligt simuleringarna i Simulex är vid denna tidpunkt över 290 personer kvar i lokalen. Den totala utrymningstiden för scenariot är, enligt simuleringar i Simulex, drygt 7 minuter.

11.4 Scenario 4 – Brand på damtoaletten

En papperskorg som brinner kan ses som ganska ofarligt. Trots det snabba brandförloppet så kommer personer i omgivningen inte att ha några svårigheter att utrymma. Geometrin och storleken på utrymmet gör att gäster snabbt kan bedöma situationen och vidta lämpliga åtgärder, såsom att utrymma eller släcka. I det fallet då ingen befinner sig på damtoaletten innebär branden inte mer än obehag för personer på ovanvåningen, då bränslets massa och rökpotential är alldeles för liten för att skapa kritiska förhållanden på ovanvåningen.

11.5 Slutsats

I tabell 11.1 sammanställs de resultat som erhållits med hjälp av brand- och utrymningssimuleringar.

Scenario	Tid till kritiska förhållanden	Tid till utrymning
Garderob	-	7:30 min
Förråd på markplan	-	8:00 min
Förråd på källarplan	4:10 min	7:10 min

Tabell 11.1 : Tid till kritiska förhållanden och utrymning.

Resultaten visar att personsäkerheten i nuläget inte är tillfredsställande. Under förutsättning att sprinklersystemet fungerar begränsar detta med ett undantag samtliga bränder innan kritiska förhållanden uppstår. Det klarar i nuläget dock inte av att begränsa en brand i förrådet på källarplan innan kritiska förhållanden på ovanvåningen uppstår. Detta innebär alltför stora brister i personsäkerheten.

12 Åtgärdsförslag

Syftet med kapitlet är att sammanställa ett antal förslag till åtgärder för att förbättra utrymningssäkerheten hos Harry´s i Norrköping.

Automatiskt utrymningslarm

I det nuvarande larmsystemet finns endast larmdon i kontorsutrymmena och köket. Utrymningen av de publika delarna bygger på att personalen uppmanar gästerna att lämna lokalen. Ett införskaffande av ett förinspelat talat utrymningslarm skulle bidra till snabbare och effektivare utrymning. Aktiveringen av larmet bör lämpligen kombineras med att musiken i danslokalen tystnar och att belysningen tänds.

Denna åtgärd skall, enligt vår mening, genomföras.

Förbättrad sprinklerplacering

Resultaten av datorsimulering av brand i källarförrådet visar på att sprinklerhuvudenas låga placering medför att de utlöser i ett alltför sent skede av brandförloppet. Släckverkan blir därför otillräcklig och en avsevärd brandgasproduktion kan ske. Genom att flytta sprinklerna närmare taket minskas aktiveringstiden och branden kan begränsas på ett tidigare stadium. Detta innebär en avsevärd minskning av brandgasproduktionen. Lämpligen bör därför sprinklermunstyckena i förrådet på källarplan flyttas upp och placeras närmare taket.

Denna åtgärd skall enligt vår mening genomföras.

Dörrstängning

Vid objektsbesöket stod en branddörr till förrådsutrymmet i källaren öppen. Genom att installera effektiva stängningsanordningar på dörrarna i källaren i kombination med förbättrade rutiner hos personalen avseende dörrstängning kan brandgasspridningen begränsas.

Denna åtgärd skall, enligt vår mening, genomföras.

Detektorer

För närvarande saknas nästan helt detektorer i restaurang- och danslokalen. Genom att installera fler detektorer kan tiden till upptäckt av brand minskas och utrymning påbörjas tidigare. Systemet kan kompletteras med larmknappar så att personalen manuellt kan aktivera utrymningslarmet.

Denna åtgärd bör, enligt vår mening, genomföras.

Brandutbildning av personal

Eftersom Harry´s personal spelar stor roll i en utrymningssituation är det viktigt att kontinuerliga övningar genomförs och tillräcklig brandutbildning ges.

Denna åtgärd bör, enligt vår mening, genomföras

Lång utrymningsväg

Nödutgången som utgör en lång korridor från köket är enligt BBR- reglerna alldeles för lång för att godkännas som nödutgång. Korridoren är 58 meter lång vilket är att jämföra med BBR- reglernas rekommenderade 7 meter. Vi ser dock ingen anledning till att ta bort nödutgången. Korridoren är rak med endast en krök, vilket minskar sannolikheten att någon skulle "gå vilse". Dessutom är den sprinklad och utgör en egen brandcell. Slutligen ser man i Simulex-

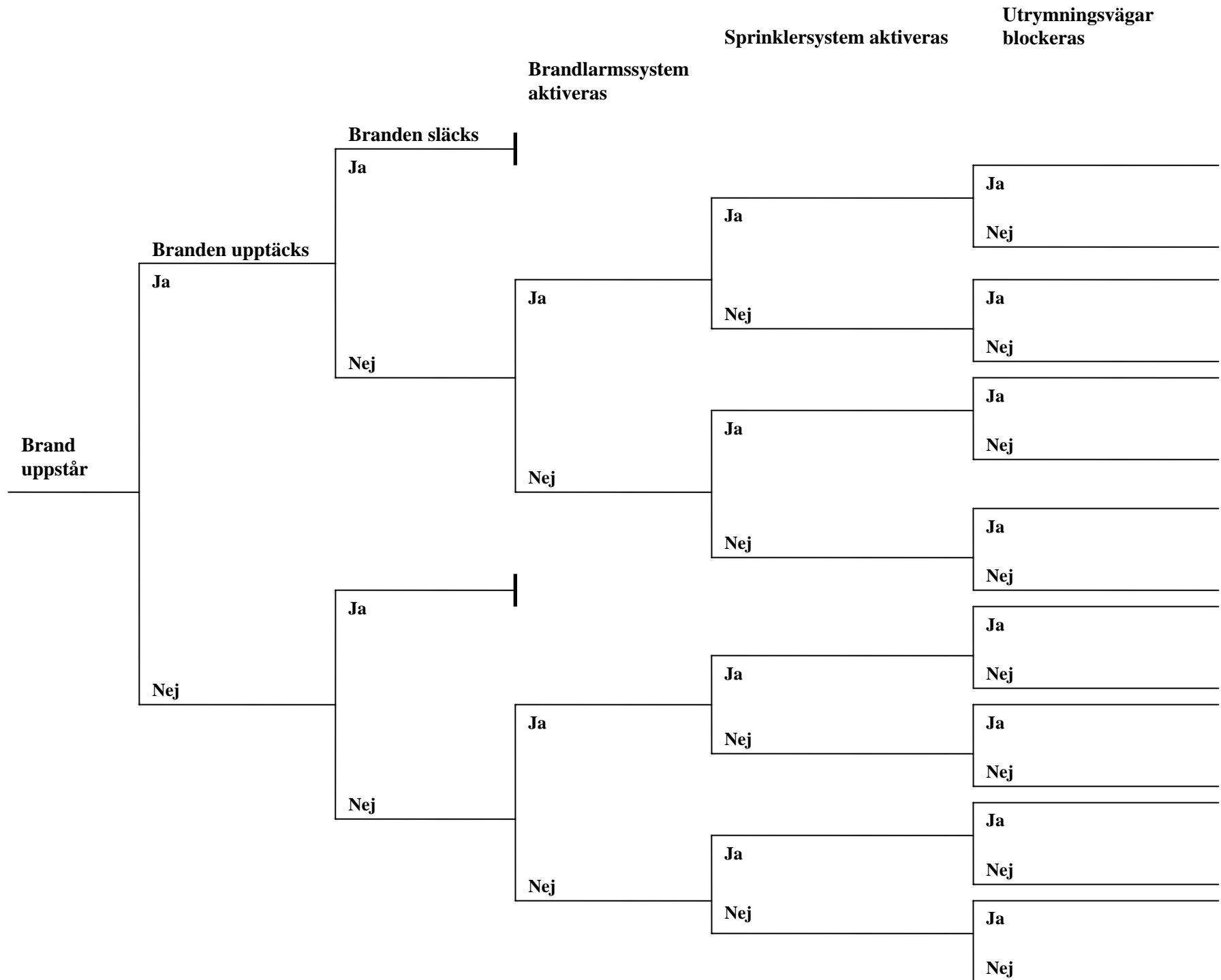
simuleringarna att den klart största flaskhalsen i hela lokalen är det trånga utrymmet jämte baren. Nödutgången genom köket kan då fungera avlastande om man får människorna att välja detta alternativ i stället för huvudingången.

Referenser

1. Räddningstjänst i siffror 1997-2002 Räddningsverket, Karlstad, 2002
2. <http://www.harrys.nu/>
3. Abrahamsson, M. *Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler*, Rapport 5007, 1997
4. Frantzich H. *Tid för utrymning vid brand P21-365/01*, Räddningsverket, Karlstad, 2001
5. *Boverkets byggregler (BFS 1993:57) BBR 94*, Boverket, Karlskrona, 2002
6. Johansson, Björn, *Analys av utrymningssäkerheten vid brand hos nattklubben Underbar i Skellefteå*, Rapport 5135, Brandteknik LTH, Lund, 2004.
7. ARGOS ver 4.4.10.141, Danish Institute of Fire and Security Technology (DIFT), <http://www.dift.dk>.
8. Svenska brandförsvarsföreningen, *Regler för automatisk vattensprinkleranläggning*, SBF 120:4, Svenska brandförsvarsföreningen 2000
9. IES, *Simulex*, <http://www.ies4d.com>, IES 2002, 2003-10-15
10. Karlsson Björn, Quintiere G James, *Enclosure Fire Dynamics*, 2000, ISBN 0-8493-1300-7
11. *Brandskyddshandboken*, rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002
12. Drysdale, Dougal. *An introduction to fire dynamics*, 2nd Edition, ISBN 0-471-97291-6, Johan Wiley & Sons, 2000
13. Frantzich, Håkan, *Tid för utrymning vid brand*, P21-365/01 Räddningsverket, Karlstad, 2001
14. Holmstedt, Göran, Professor på Brandteknik LTH, Lund.
15. Särdaqvist, Stefan, *Initial Fires. RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests*, Report 3070, 1993
16. Erlandsson, Ulf, Statens räddningsverk SRV, Karlstad.
17. NFPA (1995), *NFPA 92B - Guide for smoke management systems in malls, atria, and large areas*, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Bilagor

Bilaga 2 – Händelseträd



Bilaga 3 – Handberäkningar

Garderob

$$A_{\text{öppning}} = 2 \cdot (2 \cdot 1,5) = 6 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{öppning}} = 1,2 \text{ m}$$

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_{\text{öppning}} \cdot \sqrt{H_{\text{öppning}}} = 0,5 \cdot 6 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ kg/s}$$

$$\Delta H_{c,ox} = 13100 \text{ kJ/kg}$$

Syrehalt i luft = 23 % (massprocent)

Antag att 50 % av syret förbrukas

$$\dot{Q}_{\text{max}} = \Delta H_{c,ox} \cdot \dot{m}_a = (13100 \cdot 3,6 \cdot 0,23) \cdot 0,5 \approx 6 \text{ MW}$$

Den maximala effekten beräknas till 6 MW.

Om syreförbrukningen istället uppgår till 90 % blir den maximala effekten cirka 10 MW.

Förråd på källarplan

Trä: $\Delta H_c = 17 \text{ MJ/kg}$

$$D_0 = 0,35 \text{ ob} \cdot \text{m}^3/\text{g}$$

Utvecklad effekt vid $t = 170 \text{ s}$ (när sprinklern sätter igång):

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \frac{\alpha}{3} t^3 + Q_0 \Rightarrow Q = \frac{0,047}{3} \cdot 170^3 + 0 = 77 \text{ MJ}$$

Arean under grafen (Figur 8.1) från tiden 170 s till 250 s uppskattas till hälften av arean från tiden 0 s till 170 s.

Mängd brunnat material vid $t = 250 \text{ s}$:

$$Q_{\text{tot}} = 77 + 77/2 = 115,5 \text{ MJ}$$

$$m = \frac{Q}{\Delta H_{\text{eff}}} = \frac{115,5}{17} = 6,8 \text{ kg}$$

Detta motsvarar $6,8 \cdot 10^3 \cdot 0,35 = 2380 \text{ ob} \cdot \text{m}^3$.

Den totala volymen på ovanvåningen är 1577 m^3 , alltså måste drygt två tredjedelar av de producerade sotpartiklarna ha transporterats till ovanvåningen. Volymen på undervåningen är drygt 200 m^3 , men samtidigt är naturligtvis röktätheten nära brandrummet mycket större. Detta gör att resultatet kan anses vara realistiskt

Damtoaletten

Tid till maximal effektutveckling:

$$\dot{Q} = 100 \text{ kW}$$

$$\alpha = 0,19$$

$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{100}{0,19}} = 23 \text{ s}$$

Massavbrinning:

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

$$\Delta H_c = 12 \text{ MJ / kg}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} * \chi * \Delta H_c \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{\chi * \Delta H_c} = \frac{100}{0,7 * 12000} = 0,012 \text{ kg / s}$$

$$t = \frac{m}{\dot{m}} = \frac{2}{0,012} = 170 \text{ s}$$

Brandgasfyllnad på ovanvåningen:

$$\text{Papper: } D_0 = 0,22 \text{ ob.m}^3 / \text{g}$$

$$0,22 * 2000 = 440 \text{ ob.m}^3$$

$$\text{Rummets volym: } V = 20 * 15 * 4 = 1200 \text{ m}^3$$

$$\frac{440}{1200} = 0,367 \text{ ob}$$

Om alla producerade brandgaser skulle ta sig upp till ovanvåningen skulle det alltså bli en sikt på 0,367 obscura, vilket är att jämföra med det maximala tillåtna värdet 1 obscura.

Bilaga 4 - Indata & Utdata för brandscenario 1

Calculation

Basic information

Client: Harry's
 Scenario name: Garderobsbrand hos Harry's
 Consultant: Rima
 Reference no.:
 Company type: Service, trade
 Basic bldg. construction: Concrete
 Last revision: 2004-11-11 13:16:09
 Revision No.: 80

Calculation options

Post flash-over model enabled: Yes
 Time limit [min]: 60

Fire brigade

City area: Yes
 24 hour: Yes
 Distance/fire station [km]: 1,0
 Calculated response time [min]: 3

Fire start

Fire start room: Garderob
 Fire start, type: Energy formula fire
 Fire start, name: Ultra Fast
 Fire start, code: -

Fire installations

Room name	[----- In operation -----]						
	AFV Heat	AFV Smoke	AFV Timer	Sprinkler	AFA Heat	AFA Smoke	Windload [m/s]
Garderob	No	No	No	Yes	No	No	0,00
Bar & restaurang	No	No	No	Yes	No	No	0,00
Dansgolv	No	No	No	Yes	No	No	0,00
Kök	No	No	No	Yes	No	No	0,00

Door between Garderob and Bar & restaurang

Door: Solid wood door, 34 mm

No. of doors: 1
 Initial tightness [%]: 99
 Self-closing doors: No
 Doors activated: N/A
 Activation time delay [s]: N/A

Door between Bar & restaurang and Kök

Door: Roll-up door

No. of doors: 1
 Initial tightness [%]: 99
 Self-closing doors: Yes
 Doors activated: by detectors
 Activation time delay [s]: N/A

Door between Dansgolv and Kök

Door: Solid wood door, 34 mm

No. of doors: 1

Initial tightness [%]: 99

Self-closing doors: No

Doors activated: N/A

Activation time delay [s]: N/A

Door between Dansgolv and Surroundings

Door: EI 60 (60 minutes FR door)

No. of doors: 1

Initial tightness [%]: 99

Self-closing doors: No

Doors activated: N/A

Activation time delay [s]: N/A

Smoke layer in all rooms

Time	[----- Smoke layer temp. [°C] -----]				Rate of heat release [kW]	Heat radiation [kW/m ²]	Density Smoke layer [dB/m]
	Garderob	Bar & restaurang	Balgsgolv	Kök			
00:00:00	20	20	20	20	0,0		
00:00:29	41	20	20	20	167,8	0,13	3,13
00:00:58	120	20	20	20	659,3	0,60	10,44
00:01:28	179	55	20	20	1497,4	1,52	14,18
00:01:32	179	57	20	20	1638,2	1,86	14,02
00:01:32	Room 'Garderob': Sprinkler installation (AWS) activated.						
00:02:02	217	72	51	20	1638,2	2,95	17,73
00:02:03	217	72	51	20	1624,6	2,95	17,79
00:02:03	Fire is declining.						
00:02:32	147	72	51	20	645,8	1,59	13,98
00:02:52	85	64	49	20	0,0	0,84	8,89
00:02:52	Fire has been put out.						

Garderob					<i>Heat radiation</i>	<i>Floor press.</i>
<i>Time</i>	<i>Smoke room [dB/m]</i>	<i>Smoke layer [dB/m]</i>	<i>Floor layer [m]</i>	<i>Layer temp. [°C]</i>	<i>[kW/m²]</i>	<i>[N/m²]</i>
00:00:00	0,00		4,00	20		-0,010
00:00:29	0,98	3,13	3,16	41	0,13	146,908
00:00:58	0,51	10,44	1,72	120	0,60	150,964
00:01:28	0,33	14,18	0,97	179	1,52	3528,470
00:01:32	0,33	14,02	0,55	179	1,86	4113,202
00:01:32	Room 'Garderob': Sprinkler installation (AWS) activated.					
00:02:02	0,00	17,73		217	2,95	2323,232
00:02:03	0,00	17,79		217	2,95	2176,196
00:02:03	Fire is declining.					
00:02:32	0,00	13,98		147	1,59	-42,741
00:02:52	0,00	8,89		85	0,84	-1284,746
00:02:52	Fire has been put out.					

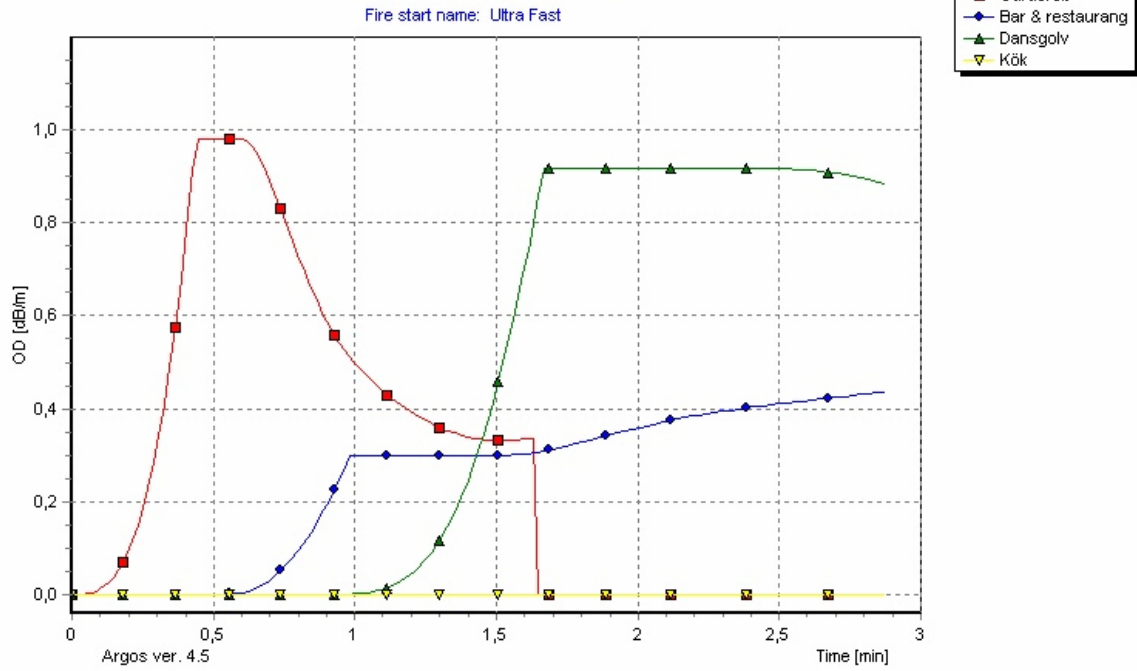
Bar & restaurang

<i>Time</i>	<i>Smoke room [dB/m]</i>	<i>Smoke layer [dB/m]</i>	<i>Floor layer [m]</i>	<i>Layer temp. [°C]</i>	<i>Heat radiation [kW/m²]</i>	<i>Floor press. [N/m²]</i>
00:00:00	0,00		4,00	20		-0,005
00:00:29	0,00		4,00	20		146,905
00:00:58	0,30		4,00	20		151,316
00:01:28	0,30	6,14	3,20	55	0,51	3531,281
00:01:32	0,30	6,42	3,13	57	0,52	4117,800
00:01:32	Room 'Garderob': Sprinkler installation (AWS) activated.					
00:02:02	0,36	9,18	2,86	72	0,64	2331,190
00:02:03	0,37	9,31	2,85	72	0,64	2184,168
00:02:03	Fire is declining.					
00:02:32	0,41	10,78	2,58	72	0,65	-36,570
00:02:52	0,44	10,65	2,43	64	0,60	-1280,946
00:02:52	Fire has been put out.					

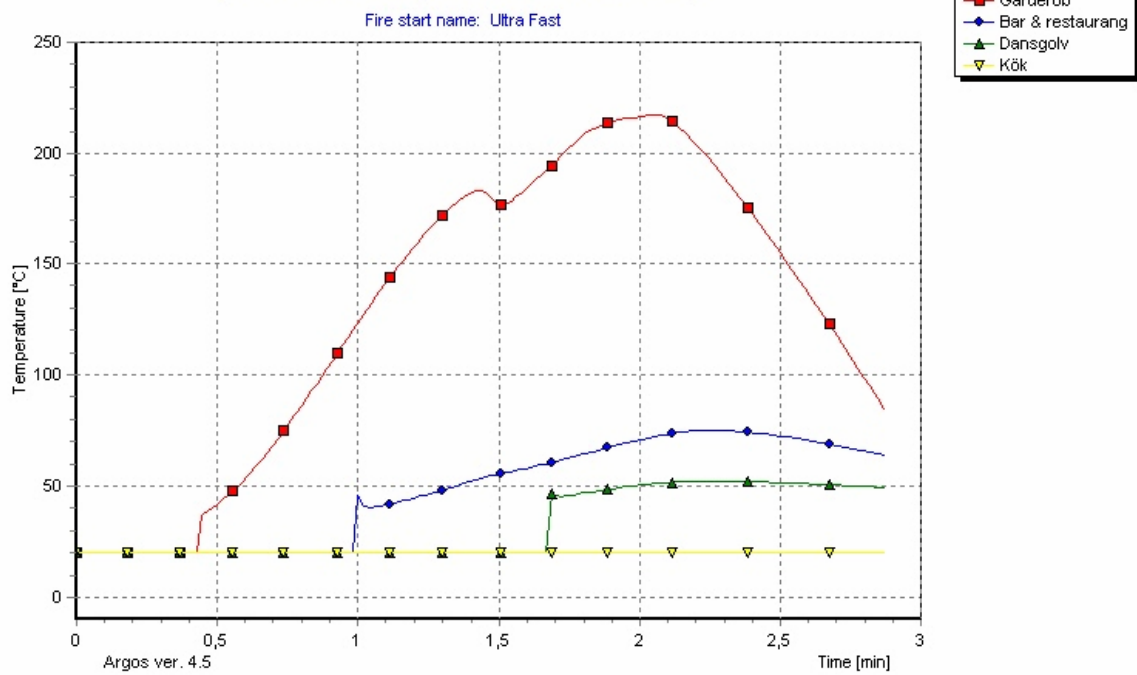
Dansgolv						Heat	Floor
Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [°C]	radiation	press.	
					[kW/m ²]	[N/m ²]	
00:00:00	0,00		4,00	20		-0,003	
00:00:29	0,00		4,00	20		146,905	
00:00:58	0,00		4,00	20		151,315	
00:01:28	0,40		4,00	20		3531,287	
00:01:32	0,56		4,00	20		4117,810	
00:01:32	Room 'Garderob': Sprinkler installation (AWS) activated.						
00:02:02	0,92	7,66	3,07	51	0,44	2331,236	
00:02:03	0,92	7,76	3,02	51	0,44	2184,214	
00:02:03	Fire is declining.						
00:02:32	0,92	9,23	2,36	51	0,48	-36,553	
00:02:52	0,89	9,75	2,18	49	0,48	-1280,930	
00:02:52	Fire has been put out.						

Kök					Heat radiation	Floor press.
Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [°C]	[kW/m ²]	[N/m ²]
00:00:00	0,00		4,00	20		-0,003
00:00:29	0,00		4,00	20		146,905
00:00:58	0,00		4,00	20		151,316
00:01:28	0,00		4,00	20		3531,281
00:01:32	0,00		4,00	20		4117,800
00:01:32	Room 'Garderob': Sprinkler installation (AWS) activated.					
00:02:02	0,00		4,00	20		2331,190
00:02:03	0,00		4,00	20		2184,168
00:02:03	Fire is declining.					
00:02:32	0,00		4,00	20		-36,570
00:02:52	0,00		4,00	20		-1280,946
00:02:52	Fire has been put out.					

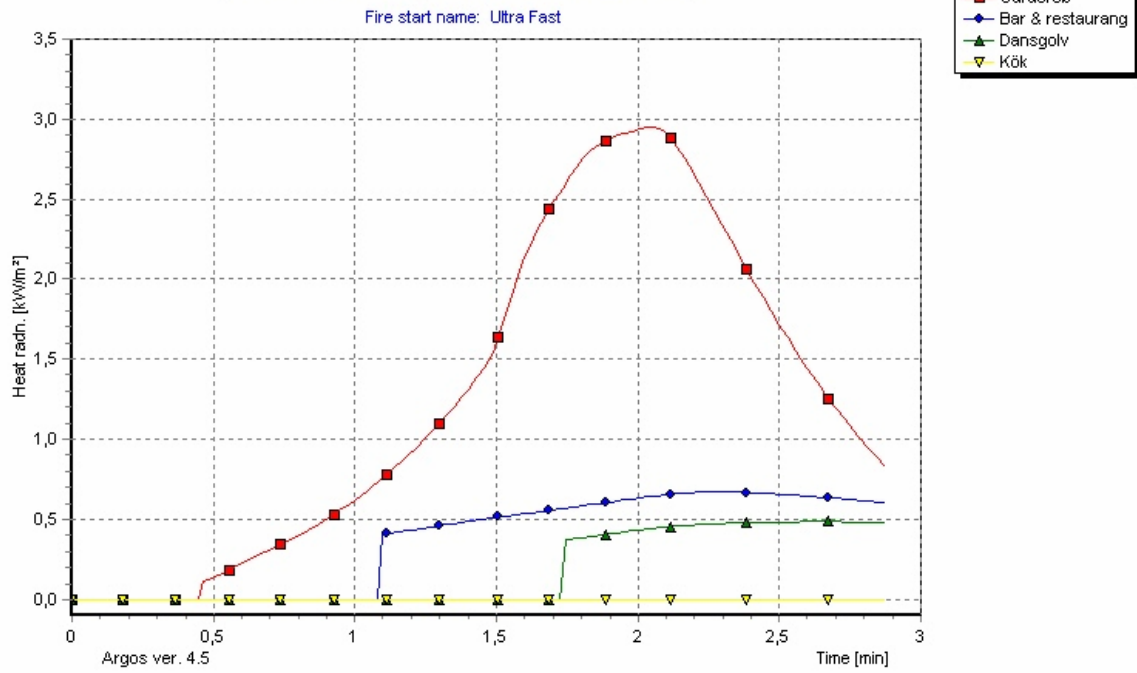
Optical smoke density in rooms (Garderobsbrand hos Harry's)
 (Student version, not for commercial use)



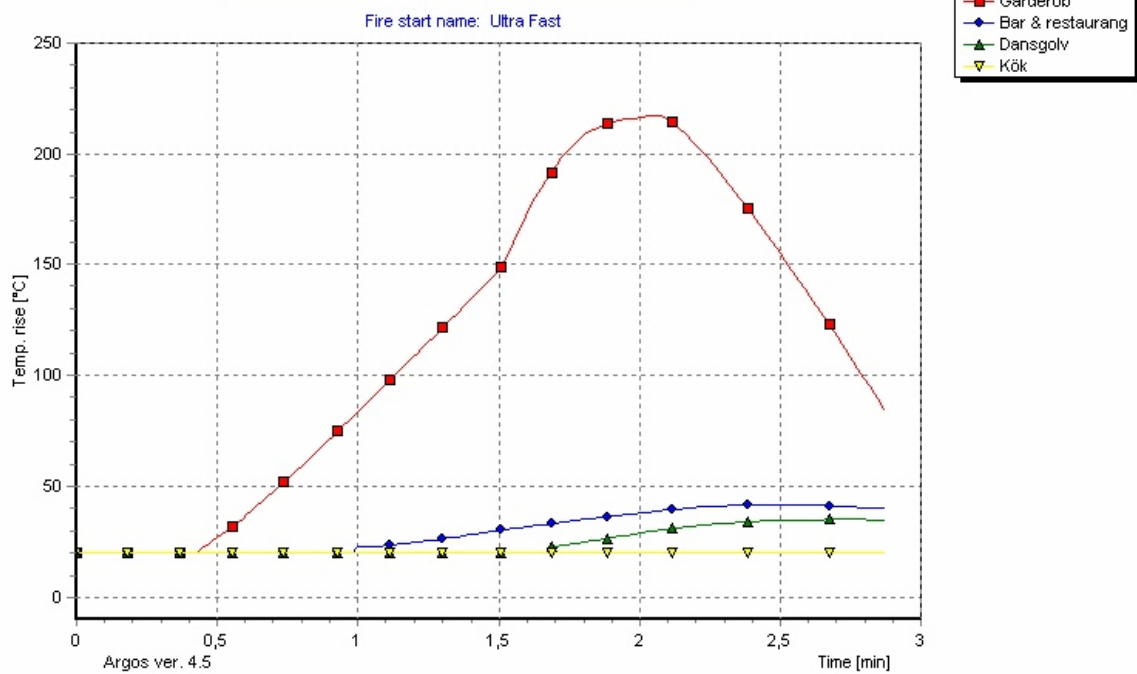
Temperature in smoke layer (Garderobsbrand hos Harry's)
 (Student version, not for commercial use)



Heat radiation from smoke layers (Garderobsbrand hos Harry's)
 (Student version, not for commercial use)



Average temperature (Garderobsbrand hos Harry's)
 (Student version, not for commercial use)



Bilaga 5 - Datorprogram

CFast

CFast är ett datorprogram för simulering av rumsbränder utvecklat av National Institute of Standards and Technology. Beräkningarna bygger på en tvåzonsmodell där rummet delas upp i två kontrollvolymmer. Antal och storlek på rummen samt ingående byggnadsmaterial anges varefter egenskaper för branden definieras. Utifrån detta kan värden på effektutveckling, brandgaslagrets höjd, temperatur m.m. avläsas. Effekter av sprinklersystem kan också studeras. Ett flertal förenklingar och antaganden ligger till grund för det simulerade brandscenariot. Resultaten måste därför tolkas med försiktighet. Beräkningarna baseras på effektkurvor som väljs för det aktuella scenariot och som bör ses som grova uppskattningar. Programmet fungerar bäst för simulering av bränder i lägenheter av ordinär storlek, medan större utrymmen med komplicerad geometri medför mindre tillförlitliga resultat. Programmet räknar inte med temperaturskillnader inom de båda zonerna. Det tas inte hänsyn till transporttiden för brandgaser inom ett rum, vilket gör att tiden för brandgasutbredning i större lokaler behöver justeras.

Argos

Argos är utvecklat av Danish Institute of Fire and Security Technology och bygger liksom CFast på tvåzonsmodellen, men är ett modernare och mer användarvänligt program. I Argos kan exaktare bestämmningar av brännbara material samt brandens egenskaper göras, medan programmet begränsas av att endast kunna användas för simuleringar av brandförlopp på ett våningsplan.

Simulex

Simulex har utvecklats i samarbete mellan Edinburgh University och Lunds universitet och används för beräkning av utrymningstider. Byggnadens utformning beskrivs med hjälp av cad-ritningar. Våningsplan sammanbinds genom att trappor utplaceras. Genom att ange placeringar för utgångar och antalet personer i lokalerna kan tider tills utrymning skett erhållas. Det finns möjlighet att ange olika egenskaper för individerna, exempelvis ålder, yrkestillhörighet, responstid, gånghastighet, m.m. Resultaten ger en ungefärlig beskrivning av förutsättningarna för förflyttning inom byggnaden.