

Brandteknisk riskvärdering av Arkaden, Malmö



Johan Borgman
Robert Erdeniz
Katarina Malmkvist
Boel Reinicke

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Rapport 9267, Lund 2005

Avdelningen för Brandteknik

Lunds Tekniska Högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering

Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
SWEDEN

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Arkaden, Malmö

Title

Fire safety assessment of Arkaden, Malmö

Författare/Authors

Johan Borgman,
Robert Erdeniz,
Katarina Malmkvist,
Boel Reinicke
Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2005
Fire Safety Engineering Program, Lund University, 2005

Rapport/Report

9267

Sökord

Brandteknisk riskvärdering, Arkaden, Univar AB, utrymning, personsäkerhet, kritiska förhållanden

Keywords

Fire safety assessment, Arkaden, Univar AB, evacuation, human safety, critical conditions

Abstract

The scope of this report has been to assess the fire safety, with focus on evacuation, of levels four and five of Arkaden in Malmö. The levels contain offices with a parking garage. An evaluation of the fire safety concerning fire development, smoke layer height and evacuation times has been performed. Different fire scenarios were studied and simulated in CFAST and FDS to estimate the time to critical conditions. The evacuation times were simulated with Simulex and compared with values from CFAST. The main conclusion of this report is that people are evacuated before critical conditions occur.

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.

Förord

Vid framtagning av denna rapport har vi fått hjälp av många personer. Vi vill särskilt tacka våra handledare Håkan Frantzich, Brandteknik LTH och Jan Ottoson, WSP. Även ett stort tack till alla som tålmodigt svarat på våra oräkneliga frågor; Conny Olsson, fastighetsskötare Arkaden, Louise Paulsson, Univar AB, flertalet personer på Skanska samt många fler.

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av lokalerna som hyrs av företaget Univar AB samt anslutande garage på plan 4 och 5 i fastigheten Arkaden i Malmö. I arbetet ingår besök på objektet, en utrymningsövning, simuleringar för spridning av brandgaser samt simuleringar och handberäkningar för utrymning. Huvudsyftet med rapporten är att undersöka personsäkerheten vid utrymning från aktuella lokaler. Detta innebär att kontrollera om utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår vid brand.

Lokalerna som hyrs av Univar AB är utformade som en brandcell i två plan. Även garaget är en egen brandcell.

Tre troliga scenarier med förmodade allvarliga konsekvenser har valts och analyserats.

- Bilbrand på plan 4 intill entrén till Univar AB.
- Kontorsbrand på plan 4.
- Brand i skrivare i öppet utrymme på plan 5.

Vid brand i garaget behöver personalen på Univar AB inte omedelbart utrymma. En bilbrand utgör ingen direkt fara för personsäkerheten om ingen går ut i garaget. Vid brand i kontoret uppstår i värsta fall förhållanden som förhindrar att utrymning sker genom närmaste dörr till utrymningsväg. Annan utrymningsväg kan dock väljas. Vid brand i skrivare uppstår kritiska förhållanden efter att utrymning bör ha skett.

Bedömningen är att Univar AB har ett fullgott brandskydd och uppfyller kraven ställda i Boverkets Byggregler, Lagen om skydd mot olyckor samt AFS 2000:42 med avseende på faktorer viktiga för utrymning. Genomförd utrymningsövning visade att personalen har god lokalkännedom, kände till rutinerna för utrymning och att alla hann utrymma innan tid till kritiska förhållanden uppstod enligt valda brandscenarier. Förutsättningarna för säker utrymning förbättras ju fortare personalen underrättas om att det brinner. Detta kan göras med ett brandlarm. Därför är författarnas åsikt att samtliga kontorslokaler i Arkaden ska utrustas med brandlarm.

Några förslag till åtgärder finns dock för att höja personsäkerheten ytterligare. Dörrarna i garaget skall vara försedda med fungerande dörrstängare. En lampa som lyser när larmet i garaget är aktiverat kan placeras utanför dörren till garaget i ljusgården.

Innehållsförteckning

1 Inledning	8
1.1 Syfte	8
1.2 Målgrupp	8
1.3 Avgränsningar	8
1.4 Metod	9
2 Lagar, förordningar och föreskrifter	11
2.1 Boverket	11
2.1.1 Byggnadsverksförordningen	11
2.1.2 Boverkets Byggregler	12
2.2 Räddningsverket	12
2.3 Arbetsmiljöverket	13
3 Objektsbeskrivning	14
3.1 Befintligt brandskydd	16
3.2 Räddningstjänsten	19
4 Ventilationssystem	20
4.1 Univar AB	20
4.2 Garaget	20
5 Brandscenarier	21
5.1 Kritiska förhållanden	21
5.2 Utrymningstid	21
5.3 Förutsättningar för utrymning	22
5.4 Effektkurvor	23
5.5 Känslighetsanalys	23
5.6 Ej valda brandscenarier	23
5.7 Valda brandscenarier	24
5.7.1 Bilbrand	24
5.7.1.1 Effektkurva	24
5.7.1.2 Känslighetsanalys	25
5.7.1.3 Resultat	25
5.7.2 Kontorsbrand	26
5.7.2.1 Effektkurva	26
5.7.2.2 Känslighetsanalys	27
5.7.2.3 Resultat	28
5.7.3 Brand i skrivare	29
5.7.3.1 Effektkurva	30
5.7.3.2 Känslighetsanalys	30
5.7.3.3 Resultat	31
5.8 Resultat för handberäkningar och Simulexsimulering	32
5.8.1 Handberäkningar	32
5.8.2 Simulexsimulering	33
6 Utrymningsövning på Univar AB	34
6.1 Utbildning	34
6.2 Förutsättningar för utrymningsövning	34
6.3 Resultat och observationer vid utrymningsövning	34
6.4 Utvärdering av enkät och reflektioner	35
7 Diskussion	36
8 Förslag till åtgärder	38

9 Referenser	39
Bilagor	41
Bilaga 1, Begrepp.....	41
Bilaga 2, Ritning över Univar AB.....	43
Bilaga 3, Program.....	44
Bilaga 4, Uppfyllande av lagar, förordningar och föreskrifter.....	46
Bilaga 5, Utrymningsberäkning	50
Bilaga 6, Simulexuppställning	52
Bilaga 7, Enkät efter utrymningsövning	53
Bilaga 8, Statistik	55
Bilaga 9, Försök, Centre Technique Industriel de la Construction Metallique (CTICM) ...	57
Bilaga 10, Försök, Building Research Establishment Ltd (BRE).....	58
Bilaga 11, Försöksuppställning från NIST.....	60
Bilaga 12, Resultat garagesimulering.....	61
Bilaga 13, CFAST-simulering, brand i kontor plan 4, dörr öppen.....	63
Bilaga 14, CFAST-simulering, brand i kontor plan 4, dörr stängd.....	66
Bilaga 15, CFAST-simulering, brand i kontor plan 4, α^2 -kurva.....	68
Bilaga 16, CFAST-simulering, brand i skrifvarutrymme plan 5, skrifvarbrand.....	71
Bilaga 17, CFAST-simulering, brand i skrifvarutrymme plan 5, Workstation brand.....	72
Bilaga 18, Indata till CFAST.....	75
Bilaga 19, Indata till FDS.....	78

1 Inledning

Kursen Brandteknisk riskvärdering (VBR 054) omfattar 10 poäng och ges av avdelningen för Brandteknik vid Lunds tekniska högskola. Kursen inkluderar ett projektarbete som utförs som ett grupparbete. Projektarbetet går ut på att genomföra en värdering av risknivån hos ett objekt samt ge förslag till förbättringar. Målet med kursen är att ge förmåga att tillämpa, analysera och kritiskt granska angivna föreskrifter avseende anordningar för utrymning vid brand samt att utifrån brandscenarier bedöma ett objekts utrymningssäkerhet vid brand. Projektarbetet ska också ge kunskap om människors beteende, reaktioner och utrymningshastighet under en utrymning samt omsätta metoder och modeller för brand- brandgasspridning och i praktiken.

1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att värdera personsäkerheten i samband med brand på plan 4 och 5 i fastigheten Arkaden i Malmö samt belysa eventuella brister och ge förslag för att åtgärda dessa.

1.2 Målgrupp

Rapportens målgrupp är studenter på brandingenjörsprogrammet som läser den aktuella kursen samt ägaren till objektet och övriga till projektet knutna personer. Läsaren antas alltså ha varierande bakgrundskunskaper men förutsätts ha en viss inblick i brandskydd.

1.3 Avgränsningar

Det bestämdes tidigt att avgränsa kontorsdelen av objektet till företaget Univar AB som är den största hyresgästen på de aktuella planen. Företaget har dessutom kontor på både plan 4 och 5, förbundna med en intern trappa, se figur 1. Avgränsningen gjordes eftersom flera av lokalerna stod tomma. Bedömningen gjordes att det därför var mer konservativt att göra värderingen på ett fullt möblerat utrymme än tomma lokaler eller med fiktiv inredning. Nya hyresgäster borde ligga inom ramen för vanlig kontorsverksamhet, och därför bedömdes att resultaten för Univar AB kan tillämpas även för övrig del av objektet.



Figur 1. Trappa som förbinder plan 4 och 5.

Vid analys av personsäkerheten vid utrymning har människor antagits vara utom fara då de lämnat aktuell brandcell som är Univar AB eller garaget. Detta eftersom det inte är troligt att en brand skulle sprida sig mellan de olika brandcellerna samt att objektet redan från början var avgränsat till plan 4 och 5. Hänsyn har alltså inte tagits till människors fortsatta utrymning när de lämnat sin brandcell.

Den brandtekniska riskvärderingen syftar till att värdera personsäkerhet i händelse av brand. Byggnadens bärighet har därför inte värderats då denna inte försämras förrän långt efter utrymning bör ha skett.

1.4 Metod

Inledningsvis tog gruppen del av teoretiska föreläsningar om Boverkets Byggregler, ventilation, utrymning, riskanalyser och ritningskunskap. Utifrån dessa föreläsningar och tidigare kunskaper inom brandområdet planerades lösandet av uppgiften. Redan tidigt i projektet utarbetades en tidsplan för hur projektet skulle fortlöpa. Samtidigt bestämde gruppen vilka delar och moment som rapporten skulle innehålla. Dessa delar förändrades under projektets gång, p.g.a. att nya uppgifter om byggnadens brandskydd tillkom och egna kunskaper växte.

Redan efter ett par veckor gjordes ett besök på objektet. Dessförinnan hade ritningar över byggnaden och ventilationen noggrant granskats. Under besöket på Arkaden var fastighetsskötaren Conny Olsson och handledaren Håkan Frantzich närvarande. Gruppen granskade dörrar, utrymningsvägar, utrymningsskyltar, trapphus, ventilationssystem, släckutrustning, möbleringen på kontoret, garagets geometri etc.

Utifrån besöket valdes brandscenarier. Valen baserades på vad gruppen tyckte var rimliga bränder och vad som bedömdes utgöra störst fara för personalen vid utrymning.

När brandscenarierna valts arbetades effektkurvor fram. Dessa baserades på olika källor, se kap 5 Brandscenarier. Effektkurvorna användes för att genomföra datorsimuleringar i CFAST, FDS och DetactT2. Datorsimuleringar utfördes även i Simulex. För beskrivning av program se bilaga 3. Känslighetsanalyser genomfördes på samtliga brandscenarier. Valda

delar av simuleringsresultaten jämfördes med handberäkningar för samma scenario. Gruppen tog även del av en utrymningsövning med personalen på Univar AB.

Resultaten från simuleringar, handberäkningar, statistik samt källmaterial utgjorde grunden för diskussionen där utrymningstiden jämfördes med tid till kritiska förhållanden då utrymning inte längre är möjlig. Detta för att kunna värdera personsäkerheten på objektet.

2 Lagar, förordningar och föreskrifter

Detta kapitel har för avsikt att ge en enkel och lättöverskådlig bild av de dokument som ligger till grund för den här brandtekniska riskvärderingen. Det är i första hand uppfyllande av föreskrifter och förordningar som kontrolleras i en brandteknisk riskvärdering. Enbart de myndigheter som publicerar de föreskrifter som har kontrollerats kommer att beskrivas i detta kapitel. Följande citat förklarar skillnad mellan lag, förordning och föreskrift.

”En lag beslutas av riksdagen, en förordning beslutas av regeringen, och en föreskrift beslutas av en myndighet. I regeringsformen, som är grundlag, finns bestämmelser om vilka frågor som måste regleras i lag och vilka som i stället får beslutas i förordning eller i föreskrifter.”
(Regeringskansliets hemsida 2005)

2.1 Boverket

Boverket ger ut nya revideringar av sina föreskrifter efterhand som nya krav uppkommer från förordningar och lagar. Sedan Sverige gick med i EU har den svenska bygglagstiftningen ändrat sig radikalt. Syftet med de nyare föreskrifterna är att närma sig EU, samt förbättra möjligheten att uppfylla föreskrifternas krav med olika lösningar. Boverket regleras av de fyra första punkterna nedan, och de tre sista punkterna är de föreskrifter Boverket publicerar.

- Plan- och bygglagen (1987:10), PBL
- Plan- och byggförordningen (1987:383), PBF
- Lagen (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVL
- Förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVF
- Boverkets byggregler, BBR
- Boverkets konstruktionsregler, BKR
- Boverkets ändringsråd, BÄR

(Boverkets hemsida 2005)

2.1.1 Byggnadsverksförordningen

I BVF (förordningen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m.) beskrivs de krav som är allmänna för alla byggnadsverk som förändras eller byggs. Den kanske viktigaste delen för en brandskyddsdimensionering i en byggnad är § 4 BVF;

1. Byggnadsverkets bärförmåga vid brand antas bestå under en bestämd tid
2. Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas
3. Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas
4. Personer som befinner sig i byggnadsverket kan lämna det eller räddas på annat sätt
5. Räddningsmanskapets säkerhet vid brand beaktas

2.1.2 Boverkets Byggregler

Föreskriften Boverkets Byggregler som Boverket publicerar förkortas BBR. Den nu gällande BBR har sitt ursprung i den utgåva som trädde i kraft 1 januari 1994. BBR grundar sig på BFS 1993:57 med ändringar tom 2002:19. Föreskrifterna gäller;

- När en byggnad uppförs
 - Beträffande tillbyggda delar, när en byggnad byggs till
 - Mark- och rivningsarbeten samt
 - För tomter som tas i anspråk för bebyggelse
- (Genberg 1996)

De föreskrifter som har publicerats sedan 1994 och framåt har inneburit många förändringar. En av de stora förändringarna innebär en övergång från att tidigare ha haft detaljerade krav till att idag ha funktionskrav. BBR beskriver inte bara föreskrifter utan ger också allmänna råd. Skillnaden mellan föreskrifter och allmänna råd är att föreskrifterna skall följas och de allmänna råden bör följas, se bilaga 4. Det är tillåtet att välja andra lösningar än de som anges i de allmänna råden så länge lösningarna uppfyller föreskrifterna.

Detta innebär att byggherren som skall genomföra ett byggprojekt kan välja att göra en förenklad dimensionering och exakt följa de råd som anges i föreskrifterna från Boverket eller genomföra en analytisk dimensionering. Analytisk dimensionering kan innebära att byggandet av kontor blir billigare än om byggnadens brandskyddsdimensionering görs enligt förenklad dimensionering (Lundin m.fl. 2000). Avsnittet som anger att analytisk dimensionering får genomföras infördes 1994 och är som följer:

”Brandskyddet får utformas på annat sätt än vad som anges i detta avsnitt (avsnitt 5), om det i särskild utredning visas att byggnadens totala brandskydd därigenom inte blir sämre än om samtliga aktuella krav i avsnittet uppfyllts. (BFS 1995:17)”
(Brandskydd i Boverkets byggregler 2002)

2.2 Räddningsverket

Lagen om skydd mot olyckor (LSO) trädde i kraft 1 januari 2004. Räddningsverket har reviderat sina föreskrifter enligt denna. Den nya lagen är omfattande och täcker in en rad olika områden. I detta stycke beskrivs de delar av lagen som bör kontrolleras i en brandteknisk riskvärdering.

Några av de stora och viktiga förändringarna i LSO är bl.a.

- Minskad detaljreglering m.a.p. tidigare lagstiftning och förordningar
- Nationella mål har införts för bl.a. olycksförebyggande verksamhet
- Den enskildes ansvar har tydliggjorts

Det är framför allt den sista punkten som är viktig att kontrollera vid en brandteknisk riskvärdering, då den ställer krav på fastighetsägaren och verksamhetsutövaren. Den enskildes ansvar regleras i Kap. 2 och kan enkelt sammanfattas av:

Skyldigheter för ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader och andra anläggningar;

- Utrustning för att släcka brand.
- Utrustning för livräddning, även annan olycka.
- Förebyggande åtgärder mot brand i övrigt
- Skriftlig redogörelse för brandskyddet av ägare eller verksamhetsutövare

Dessa punkter skall följas och åtgärder vidtas i skälighets omfattning, se bilaga 4. Det är kommunen som ansvarar för att dessa paragrafer följs och detta sker m.h.a tillsyn. Tillsynen regleras av Kap. 5 i LSO, se bilaga 4. Det som kontrolleras i tillsynen är bl.a. den enskildes ansvar och att den minskade detaljregleringen och de nationella målen inom ramen för dess rimlighet uppfylls.

2.3 Arbetsmiljöverket

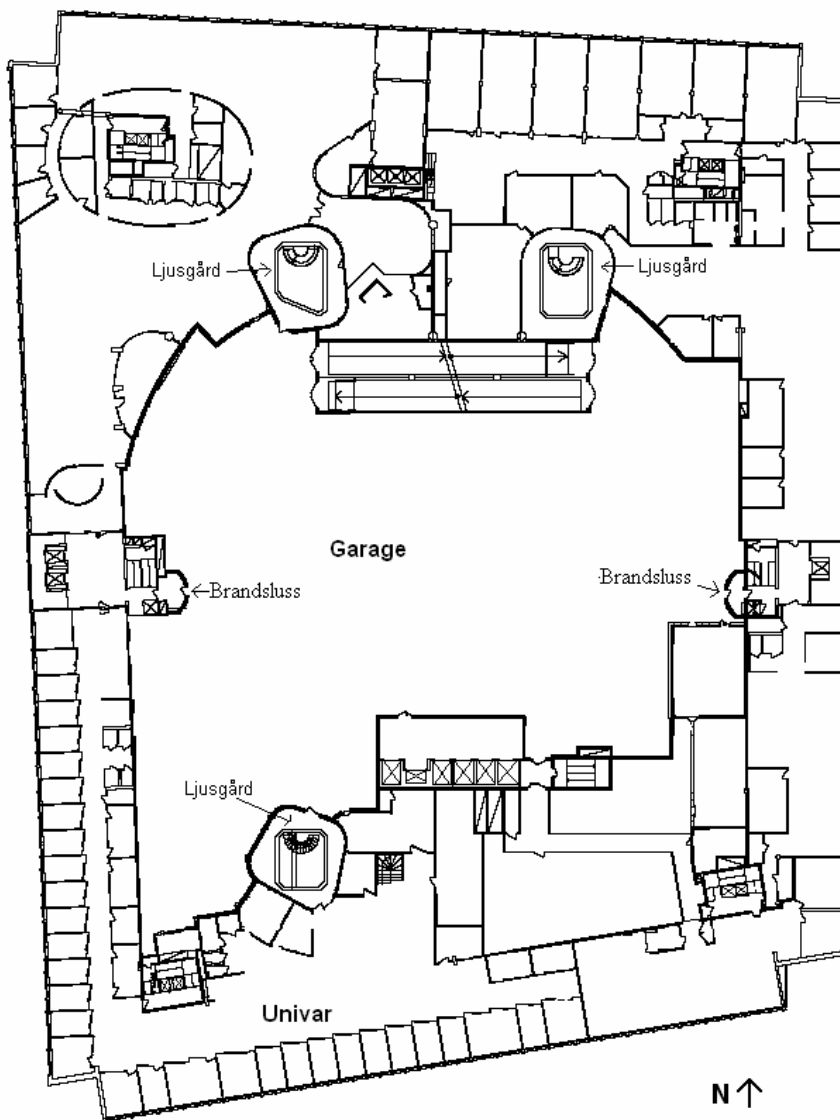
Arbetsmiljöverket publicerar en mängd olika föreskrifter, men en av dessa är extra viktig att kontrollera när en brandteknisk riskvärdering genomförs. Detta är AFS 2000:42, som reglerar arbetsplatsens utformning. I paragraferna 77-91 beskrivs hur larm och utrymningsmöjligheter skall vara utformade, se bilaga 4. Nedan följer en mycket enkel sammanfattning;

- Alla arbetsplatser och personalutrymmen skall kunna utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår, och det skall finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar.
- Dörrar för utrymning skall normalt vara utåtgående i utrymningsriktningen, vara lätta att öppna och de får inte vara så låsta eller reglade att utrymning försvåras.
- Skyltar och andra vägledande markeringar för utrymning skall finnas, om det inte är uppenbart obehövligt. Skyltar och andra markeringar skall placeras på lämpliga ställen och ha ett varaktigt utförande.
- Plats för brandsläckningsutrustning som inte är automatisk skall markeras med skyltar på lämpliga ställen.
- En larmanordning behövs inte där riskerna för olycksfall eller akut ohälsa är små eller där en larmanordning av annan anledning uppenbarligen inte är nödvändig för personalens säkerhet och hälsa.
- Larmanordningar skall avge signaler som kan uppfattas av alla som berörs av faran.
- I byggnader skall, i den omfattning som behövs och på lämpligt belägna platser, finnas anslag med utrymningsplan. Planen skall visa utrymningsvägar, ange hur räddningskår och annan erforderlig hjälpinsats larmas och, när detta är aktuellt, visa placering av manuella larmutlösningssdon och larmtelefon samt plats för återsamling. Utrymningsplaner behövs dock inte för arbetslokaler vars storlek, läge och överskådlighet är sådan att en utrymningsplan uppenbarligen saknar betydelse för personalens säkerhet vid en utrymning.

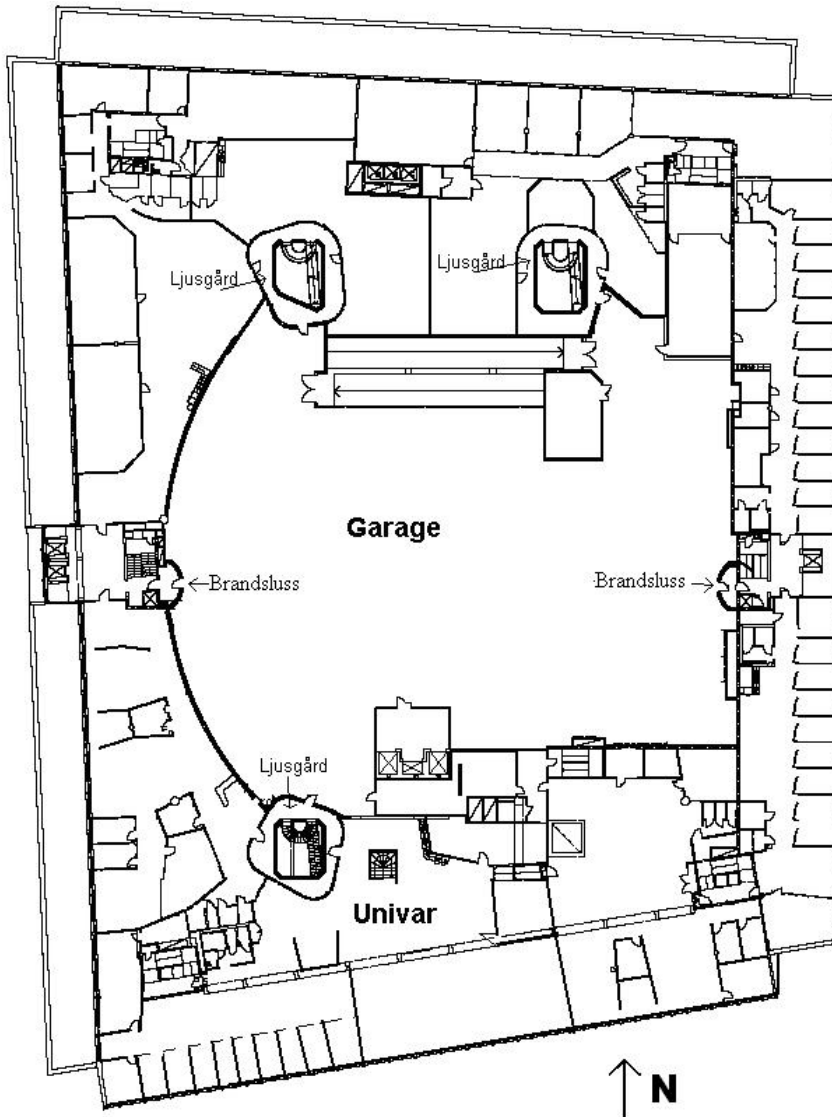
3 Objektsbeskrivning

Objektet är fastigheten Arkaden som är belägen mitt i centrala Malmö. Byggnaden stod färdig 1957 och har sedan dess genomgått ombyggnader i etapper. Den senaste mer omfattande ombyggnaden skedde under 1996-1998. Fastigheten består av åtta plan vilket innebär att den tillhör brandteknisk klass Br 1 (Boverkets Byggregler 2002). Plan 0-5 har garage i mitten med lokaler för bl.a. handel och kontor runt om och plan 6-7 är ett hotell. Garaget är öppet för allmänheten på plan 1-3 men 4-5 är endast för anställda.

Denna rapport behandlar plan 4 och 5 som alltså består av ett garage i mitten av byggnaden och kontorslokaler omkring, se figur 2 och 3.



Figur 2. Plan 4, Arkaden



Figur 3. Plan 5, Arkaden.

Vid besöket observerades att flera av lokalerna på dessa plan stod tomma. När en ny hyresgäst flyttar in kan lokalerna byggas om, vilket betyder att exempelvis väggar kan monteras upp respektive ner. Detta leder till att förutsättningar för utrymning kan ändras och därför fattades beslutet om att begränsa den brandtekniska riskvärderingen till lokalerna som hyrs av företaget Univar AB samt garaget.

Univar AB hyr lokaler på både plan 4 och 5 och dessa förbinds med en intern trappa som byggdes 2004, se figur 1. Lokalerna är belägna i det sydvästra hörnet av byggnaden, se figur 2 och 3. På plan 4 har företaget sin huvudentré där receptionen är belägen. I övrigt består företagets lokaler på det planet till största del av enskilda kontor. Plan 5 innehåller både enskilda kontor samt ett kontorslandskap och ett pausrum med pentry.

Garaget har 66 parkeringsplatser på plan 4 och 57 parkeringsplatser på plan 5. Mot trapphusen i västlig och östlig riktning finns det brandslussar, se figur 2 och 3. De tre ljuskårdarna, se figur 4, som utgör kontakt mellan garage och kontor är luftslussar.

Fastigheten ägs och förvaltas av Skanska.



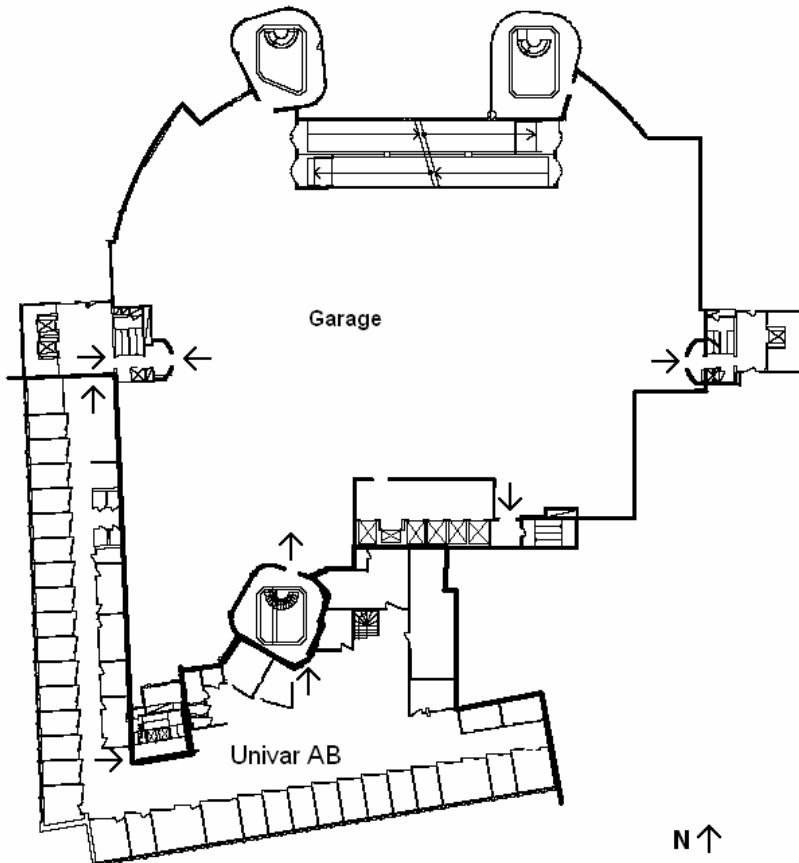
Figur 4. Ljugsård.

3.1 Befintligt brandskydd

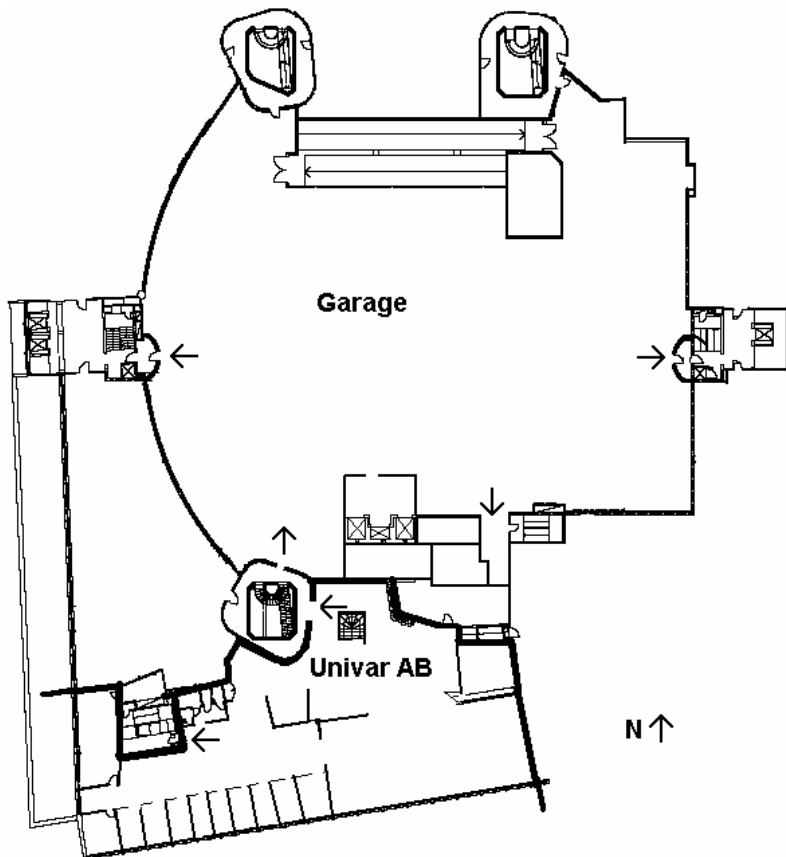
Lokalerna för Univar AB är utformade som en brandcell i två plan. Brandteknisk avskiljning görs mot angränsande kontor och ljugsård. I ventilationskanalerna till angränsande lokaler finns brandgasspjäll, se kapitel 4 Ventilation. Brandcellsgränser, se figur 5 och 6, är utförda i lägst brandteknisk klass EI 60. Brandteknisk avskiljning mot ljugsård är utförd i E 60. Dörrar mot utrymningsväg är utförda i lägst brandteknisk klass EI 30-C och samtliga dörrar i brandcellsgränser är försedda med dörrstängare. Hissar ingår i samma brandcell som trapphuset (Yndemark 2005). För begreppsförklaringar se bilaga 1.

Ytskikt i tak är utförda i lägst klass B-s1, d0 fäst på material av A2-s1, d0 eller på tändskyddande beklädnad. Ytskikt på väggar är utförda i lägst klass C-s2, d0. (Yndemark 2005)

Enligt BBR behöver Univar AB inte ha något utrymningslarm (Boverkets Byggregler 2002). Företaget har dock installerat ett detektorsystem med optiska rökdetektorer kopplat till ett utrymningslarm. På plan 4 finns sex handbrandsläckare fördelade på tre ställen. På varje ställe finns en skumsläckare och en koldioxidsläckare. På plan 5 finns två likadana par handbrandsläckare. För placering av handbrandsläckare se bilaga 2. Det finns gott om utrymningsskyltar placerade på strategiskt lämpliga platser på Univar AB. I figur 22 ses exempel på hur utrymningsskyltarna är utformade. Univar AB har på plan 4 tre utrymningsvägar och på plan 5 två, se figur 5 och 6.



Figur 5. Plan 4 med utrymningsvägar markerade med pil och brandcellsgränsen till Univar AB fetmarkerad.



Figur 6. Plan 5 med utrymningsvägar markerade med pil och brandcellsgränsen till Univar AB fetmarkerad.

I det organisatoriska brandskydd som företaget bedriver ingår utbildning av personal. Denna utbildning går till så att det ungefär en gång om året skickas ut ett e-mail med information om utrymningsprocedur, handbrandsläckare etc. och en uppmaning att se till att personalen håller sig väl förtrogen med dessa.

Garaget uppfyller rekommendationer ställda av SBF m.a.p. gångavstånd till utrymningsväg samt avskiljande brandsluss och luftluss (Brandskydd i Boverkets Byggregler 2002). Fastighetsägaren har installerat ett automatiskt brandlarm i garaget. Detta består av ett tvådetektorsystem med differentialvärmedetektorer och är direktkopplat till Malmö Brandkår. Systemet är analogt med adresserbara slingor. Detektorerna är ekvidistant placerade med fyra meter mellan varje detektor på slingorna och fem meter mellan slingorna. På plan 4 och 5 finns en skumhandbrandsläckare och en 50 m lång centrumslang per plan, se figur 7.



Figur 7. Centrumslang i garaget.

Utrymningsskyltar är placerade så att de leder till de tre utrymningsvägarna i garaget, se figur 5 och 6. Till bilrampen finns automatiska dörrstängare, se figur 8, som stängs när detektorerna aktiveras. Mellan garaget och trapphusen finns brandslussar och mellan garaget och kontoren finns luftslussar.



Figur 8. Dörrar till bilrampen som stängs automatiskt vid detektion i garaget.

3.2 Räddningstjänsten

Räddningstjänsten i Malmö har inte klassat Arkaden som något riskobjekt. Eftersom Arkaden ligger så nära brandstationen räknar insatschef Kaj Nilsson med att de skulle vara där inom tre minuter från att de fått larmet. Ett automatlarm från garaget på Arkaden genererar ett nivå 1 larm hos räddningstjänsten, vilket innebär att de åker ut med en släckbil och en stegbil. Skulle det brinna i garaget kan de inte köra in med bilarna, utan får dra grovslang uppför bilrampen. Detta skulle enligt Kaj Nilsson utföras utan problem.

En brand i garaget skulle generera stora mängder brandgaser. På varje plan i garaget finns en fläkt som normalt aktiveras vid förhöjd koldioxidhalt. Vid centralapparaten har räddningstjänsten dessutom möjlighet att manuellt starta fläkten. Räddningstjänsten räknar med att fläkten ska ventileras ut brandgaserna. Den skulle, enligt dem, ge upphov till en forcerad ventilation och ge en skorstenseffekt för att vädra ut brandgaserna. Om fläkten inte skulle klara av att ventileras ut brandgaserna är det oklart vart de skulle ta vägen då det inte finns några luckor för brandgasventilation.

Kontoren utryms inte i första hand om det brinner i garaget eftersom de är väl skyddade från garaget med luftslussar och trapphusen med brandslussar. Om branden är så allvarlig att utrymning krävs ombesörjer räddningstjänsten detta.

4 Ventilationssystem

4.1 Univar AB

Varje plan i byggnaden är uppdelat i flera olika brandceller. Varje brandcell på plan 4 och 5 förses med luft från ett fläktrum i anslutning till respektive brandcell. Dessa fläktrum är brandtekniskt avskilda från Univar AB. En del av Univars frånluft blir garagets tilluft. Varje plan på Univar levererar 735 l/s till garaget, detta är ungefär hälften av all tilluft som tillförs respektive plan på Univar. Resten av Univars frånluft ventileras ut.

Kontorslokalerna på Univar AB utgör en egen brandcell och det finns brandgasspjäll i de ventilationskanaler som ansluter till angränsande brandceller. Inne på Univar är kontorslokalerna öppet utformade med flera stora öppna utrymmen samt mycket öppet mellan de olika kontoren. Detta innebär att brandgasspridning inte i första hand skulle ske genom ventilationen utan genom de öppna utrymmen som finns. I BBR finns heller inga krav på begränsningar för brandgasspridning inom en brandcell. Brandgasspridning via ventilationen har därför inte beaktats.

4.2 Garaget

I garaget på plan 5 finns en fläkt installerad som aktiveras vid förhöjd koldioxidhalt. Fläkten aktiveras alltså både vid brand och vid tät trafik. Den har ett totalt flöde på 7,2 m³/s som är fördelat med ett frånluftsdon på respektive plan. Den kan ventileras bort 3,3 m³/s från plan 4 och 3,9 m³/s från plan 5. Fläkten är dimensionerad för att klara temperaturer upp till 350°C.

Skanska har installerat en automatisk brandlarmsanläggning vilket får konsekvenser för lufttillförseln i garaget vid brand. Detta beror på att då värmedetektorerna detekterar brand stängs portarna till bilramperna, vilket i sin tur innebär att den största källan till tilluft stängs. Utöver detta så stänger även de brandgasspjäll som sitter i respektive frånluftsdon från kontoren vid detektion av brandgaser. Vid brand i garaget kommer således större delen av garagets tilluft att stängas av, vilket kan försämra fläktens kapacitet. Fläkten är troligen främst dimensionerad för att möjliggöra en släckinsats. Då räddningstjänsten anländer öppnar de portarna och har dessutom egna fläktar att sätta in om tilluften inte är tillräcklig. På grund av avsaknad av tilluftsöppningar kommer fläkten förmodligen inte ha någon större effekt på brandgaserna innan räddningstjänsten är på plats.

5 Brandscenarier

För att undersöka befintligt brandskydd på Univar AB och garaget på plan 4 och 5 i Arkaden formulerades ett antal möjliga brandscenarier. Varje scenario har en del givna förutsättningar, så som plats för branden, tillgängliga utrymningsvägar, fördelning av anställda i lokalen, etc. Ett sätt att värdera utrymnings säkerheten är att med hjälp av simuleringar och beräkningar uppskatta hur utrymning sker vid ett visst brandförlopp.

Rökfylldnad kan skapa problem vid utrymning, varför en brand i ett öppet utrymme kan vara nödvändig att beakta. En brand i ett slutet garage kan ge stor effektutveckling (Joyeux 1997) och utgör därför en risk.

Samtliga scenarier valdes konservativt, d.v.s. gärna lite värre än vad som skulle ske i verkligheten, för att vara på den säkra sidan. Scenarierna simulerades sedan m.h.a. olika modeller och datorprogram för att se vad de kan ha för inverkan på personsäkerheten vid utrymning.

De brandscenarier som valts ut för vidare analys är:

- Bilbrand på plan 4 intill entrén till Univar AB.
- Kontorsbrand på plan 4.
- Brand i skrivare i öppet utrymme på plan 5.

För placering av brandscenarier se bilaga 2. Om ett scenario vid simulering skapar kritiska förhållanden för utrymning kan det betyda att brandskyddet är otillräckligt.

5.1 Kritiska förhållanden

Enligt BBR § 5:361 ska utrymning av byggnaden ske innan gränsvärden för kritiska förhållanden överskrids. Råden anger att lufttemperaturen i lokalen får vara högst 80°C och den kortvariga strålningsintensiteten får maximalt vara 10 kW/m². Den maximala strålningsenergin får vara 60 kJ/m² utöver energin från en strålning på 1 kW/m². Även kombinationen av temperatur och giftiga gaser bör beaktas. Siktbarheten ska vara sådan att brandgasnivån som lägst ska vara 1,6 + (0,1 * H) meter, där H är rumshöjden. Vid analys av de valda brandscenarierna är nivån 1,8 m. I rapporten Utrymningsdimensionering från Boverket 2004 anses kriteriet för siktbarhet vara uppfyllt om minsta siktsträckan genom brandgaserna är 10 m. (Boverkets Byggregler 2002)

5.2 Utrymningstid

Tiden innan kritiska förhållanden uppstår får inte överskrida den tid det tar för människor att utrymma. För att uppskatta denna tid kan olika modeller användas och i Brandskyddshandboken (2002) har man valt en enkel stimuliresponsmodell. Fördelen med denna är att den är enkel att använda både i handberäkningar och i datorprogram.

I modellen för utrymningsdimensionering enligt Brandskyddshandboken delas utrymningstiden in i tre delar; varseblivningstid eller detektionstid, besluts- och reaktionstid samt förflyttningstid. Användaren kan ta hänsyn till egenskaperna hos de utrymmande i form av att variera reaktionstid och förflyttningshastighet.

Varseblivningstiden är kraftigt beroende av närvaro av brandlarm. Om ett sådant finns kan aktiveringstiden för tillhörande detektor användas. Om larm inte finns i lokalen blir varseblivningstiden i stället beroende av i vilken utsträckning människorna i lokalen uppfattar brandens signaturer, t.ex. ljus och gaser.

Besluts- och reaktionstiden räknas från att personen på ett eller annat sätt underrättats om att det brinner. Därefter ska personen förstå vad som händer, lyssna på eventuellt talat utrymningslarm, försöka bekämpa branden, etc. Denna tid är vanligtvis den svåraste att uppskatta, eftersom den beror mycket på personegenskaper hos de utrymmande. Något som kan förkorta denna tid är kännedom om brandrutiner, tydliga utrymningslarm samt synliga utrymningsskyltar och utgångar.

Förflyttningstiden ut ur lokalen är sista delen av den totala utrymningstiden och består av den längsta tid det tar att gå till dörren till utrymningsvägen och passera ut genom dörren. Denna är också individuell och beror bl.a. på om personen i fråga behöver hjälp och hur pass god lokalkännedom vederbörande har. Beräkningar av förflyttningstiden kan göras med handberäkningsmodeller och med datorprogram. I detta fall har handberäkningsmodeller och Simulex använts, se bilaga 3. För fördelning av personer i Simulex, se bilaga 6. Gångtiden beräknas som avståndet till utgången i förhållande till personens gånghastighet. Tiden för att passera dörren anges som antal personer som ska passera i förhållande till dörrens bredd och det dimensionerande personflödet genom dörren (Brandskyddshandboken 2002). Flödet kan antas vara högre i kända lokaler som bostäder och kontor, se bilaga 5.

5.3 Förutsättningar för utrymning

Univar AB har vid tiden för den brandtekniska riskvärderingen 61 personer anställda som jobbar i de aktuella lokalerna på Arkaden. Vid simuleringar och beräkningar har 65 personer antagits vistas i företagets lokaler och vara jämnt fördelade på båda planen. Enligt uppgift är det ytterst ovanligt att alla anställda är på plats samtidigt, men det kan finnas besökare på företaget.

Företaget har ett brandlarm, se avsnitt 3.1 Befintligt brandskydd. Varseblivningstiden är alltså beroende av när detektorerna aktiverar brandlarmet. I Univars lokaler finns utrymningslarm, tydliga utrymningsskyltar och utgångar vilket ger goda förutsättningar för att besluts- och reaktionstiden blir kort. Både anställda och besökare kan med dessa hjälpmedel snabbt fatta beslut om vilken väg de ska välja för att utrymma. De anställda borde dessutom ha god lokalkännedom eftersom det är deras arbetsplats. I lokalerna finns handbrandsläckare vilket gör att möjlighet finns att någon beslutar sig för att försöka släcka en eventuell brand. Vad avser förflyttningstiden kan de utrymmande antas röra sig med ungefär samma hastighet. Personerna är normalt sett jämnt fördelade, lokalerna är rymliga och innehåller inga hinder som kan förutses sänka gånghastigheten.

På plan 4 finns tre dörrar till utrymningsvägar och på plan 5 finns två. Längsta gångavstånd till dörr till en utrymningsväg är 31,5 m på plan 4 och uppfyller BBR (Boverkets Byggregler 2002). På plan 5 är längsta gångavstånd kortare.

5.4 Effektkurvor

För att värdera utrymnings säkerheten simulerades valda brandscenarier i datorprogram med hjälp av olika effektkurvor. Dessa beskriver brandförloppets effekt som funktion av tiden. Det finns två dominerande sätt att utforma dessa effektkurvor. Det första är att anta att effektutvecklingen ökar exponentiellt och beskriva denna med en αt^2 -kurva. Val av alfavärde beror på hur mycket som är känt om byggnaden och dess innehåll (Karlsson m.fl. 2000).

Har man däremot tillgång till experiment där försöksuppställning och brandbelastning i tillräckligt stor utsträckning liknar den egna, kan effektkurvor från dessa försök användas.

För samtliga tre scenarier hittades genomförda experiment med försöksuppställningar som liknade de förutsättningar som fanns på Univar med avseende på geometri och brandbelastning. Effektkurvor framtagna experimentellt kunde alltså användas.

5.5 Känslighetsanalys

Scenarioanalyserna kompletterades med känslighetsanalyser. Detta innebar att scenarierna varierades på ett eller flera sätt för att identifiera vilka parametrar som kunde påverka utrymnings säkerheten. Enligt statistik, se bilaga 8, är det ovanligt att kontorsbränder ger allvarliga konsekvenser, men för att en brand ska ge allvarliga konsekvenser krävs en stor brand. Därför har alla känslighetsanalyser utformats så att bränderna är större och konsekvenserna av branden borde bli allvarligare än för det ursprungliga scenariot.

5.6 Ej valda brandscenarier

Brandscenarier som kan antas utgöra en mindre risk är sådana som skulle äga rum i persontäta utrymmen med liten effektutveckling. En sådan brand skulle upptäckas tidigt av antingen detektorer eller personal och släckas. Nedan följer scenarier som inte analyserades vidare och anledningen till detta.

I pausrummet på plan 5 fanns värmeljus på bordet. Sannolikheten att dessa skulle kunna initiera en brand bedöms som liten. Det är dessutom en öppen plats med mycket folk i rörelse och en eventuell brand skulle upptäckas tidigt och kan släckas med handbrandsläckare placerade i närheten.

Företaget har en rökänläggning för sina anställda och de behöver därför inte gå ut för att röka. Detta minimerar risken för att folk röker olovligt på toaletten eller på sina kontor. Cigarettfimpar anses därför inte utgöra en brandrisk.

I pentryt i pausrummet på plan 5 bedöms risken för brand vara liten. All elektronisk utrustning i köket är försedd med timer.

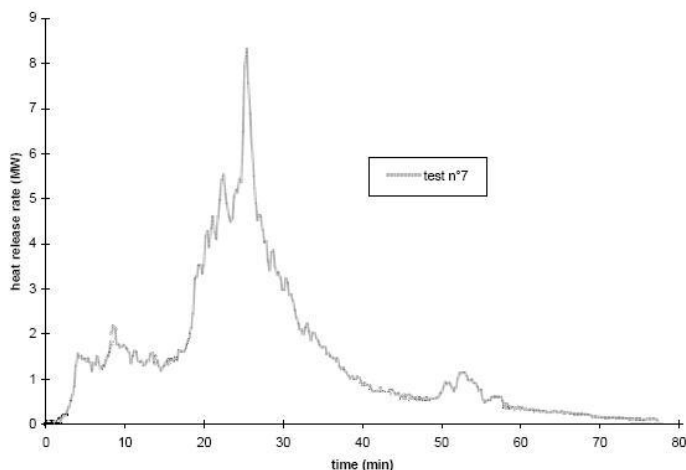
5.7 Valda brandscenarier

5.7.1 Bilbrand

En bilbrand med en bil involverad simulerades på plan 4 nära entrén till Univar AB. Branden kan ge upphov till stora effektutvecklingar om den sprids till flera bilar. Placeringen av branden är långt från centrumslangen och närmaste släckutrustning är en väggmonterad skumsläckare med plastkåpa över. Det har inte tagits hänsyn till någon utrymning från garaget eftersom ingen förväntas vistas där under någon längre tid. Branden bedöms inte skapa utrymningssvårigheter då garaget är öppet och överskådligt. En bilbrand kan dock utgöra en fara för personer i kontoren runt omkring som inte i första hand blir meddelade om att det brinner i garaget och går ut ovetandes. Om de skulle bli underrättade om att det brinner finns risk att de försöker ta sig ut i garaget för att kontrollera att deras egen bil är utom fara.

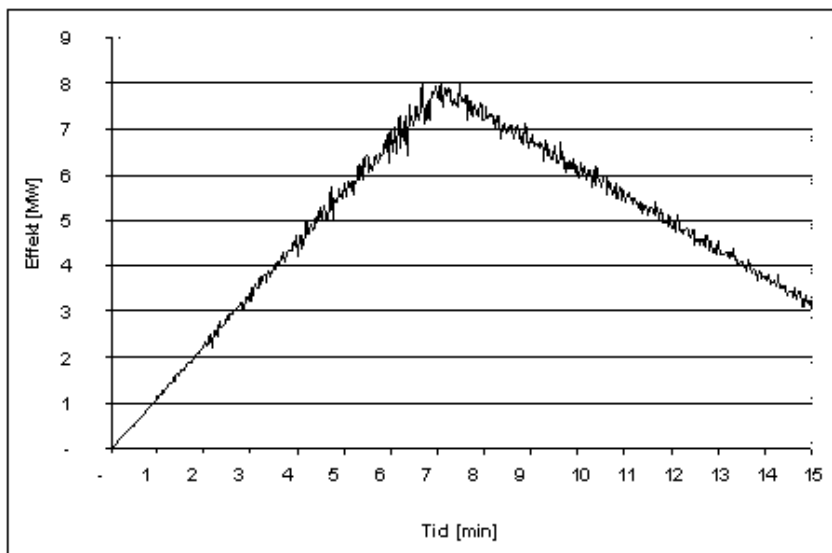
5.7.1.1 Effektkurva

För att beskriva brandförloppet har en kurva från ett försök där en bil eldades under huv valts, se figur 9. I försöket eldades en bil med massan 1303 kg. Testet avslutades när hela bilen brunnit färdigt efter ca 76 minuter (Joyeux 1997). Försöket beskrivs i bilaga 9.



Figur 9. Effektkurva från en bil uppmätt i CTICM bilbrandstest. (Joyeux 1997)

För att kunna använda FDS har kurvan kortats ner och anpassats till ett fåtal punkter där förändringen mellan dessa är helt linjär. Kurvan har fått en linjär utformning för att enkelt passa i indatan till FDS, se figur 10. Ett linjärt utseende på kurvan är dock inget krav i FDS utan har valts för att enkelt passa i indatan. Den växer snabbare än försökskurvan eftersom simuleringstiden i FDS kortades ner till en rimlig tid. Syftet med scenariot är att undersöka påverkan på personer som kommer ut i garaget under branden och brandens inledande förlopp kan därför anses ha mindre betydelse.



Figur 10. Effektutvecklingskurva i FDS för brand med en bil involverad.

5.7.1.2 Känslighetsanalys

I detta scenario har effektutvecklingen varierats genom att antingen en eller två bilar brinner. För båda fallen har till- och frånluftsventilationen varierats. För simuleringarna med en bil har följande konfigurationer simulerats:

- Till- och frånluftsventilation under hela försöket
- Endast frånluftsventilation
- Endast tilluftsventilation

För simuleringarna med två bilar har följande simulerats:

- Till- och frånluftsventilation under hela försöket
- Endast frånluftsventilation
- Varken till eller frånluftventilation

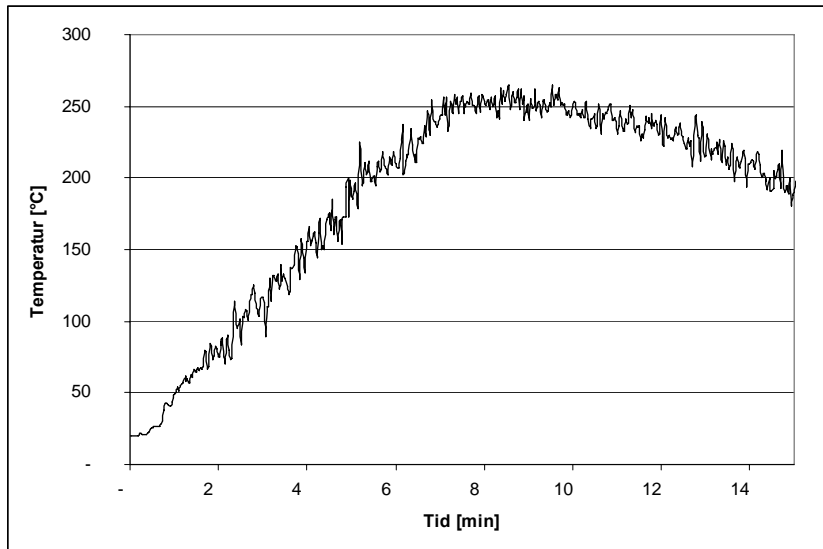
Scenariot att branden sprider sig till en andra bil baseras på försök gjorda med bildäck placerade på olika avstånd från bilbranden. I dessa försök har avståndet mellan bilbranden och däcket varit upp till 1,25 m, och det har inte i något av försöken tagit mer än 20 minuter för branden att sprida sig (Joyeux 1997).

För FDS-simuleringarna med en bil har garaget delats in i 126 906 celler och för simuleringarna med två bilar 37 080 celler. Cellstorleken har hela tiden varit liten nära branden och större långt från branden. En kubisk cellgeometri har hela tiden använts.

5.7.1.3 Resultat

FDS-simuleringarna visar att vid brand i garaget blir temperaturen så hög som 250°C fem meter från bilen som brinner, se figur 11. Simuleringarna med två bilar visar inte på någon skillnad för temperaturstegring långt från branden, men dock en betydligt högre maximal temperatur på ca 600°C i brandens närhet. Garaget blir snabbt rökfyllt i simuleringarna, på 1 minut når röken de två närmsta utgångarna och på 3 minuter är hela garaget rökfyllt. Detta resultat påverkas inte av antalet bilar som brinner, då garaget redan är rökfyllt när den andra

bilen börjar brinna. De olika ventilationskonfigurationerna visar sig inte ha någon eller mycket liten påverkan på temperatur och rökfyllnad i FDS-simuleringarna, se bilaga 12.



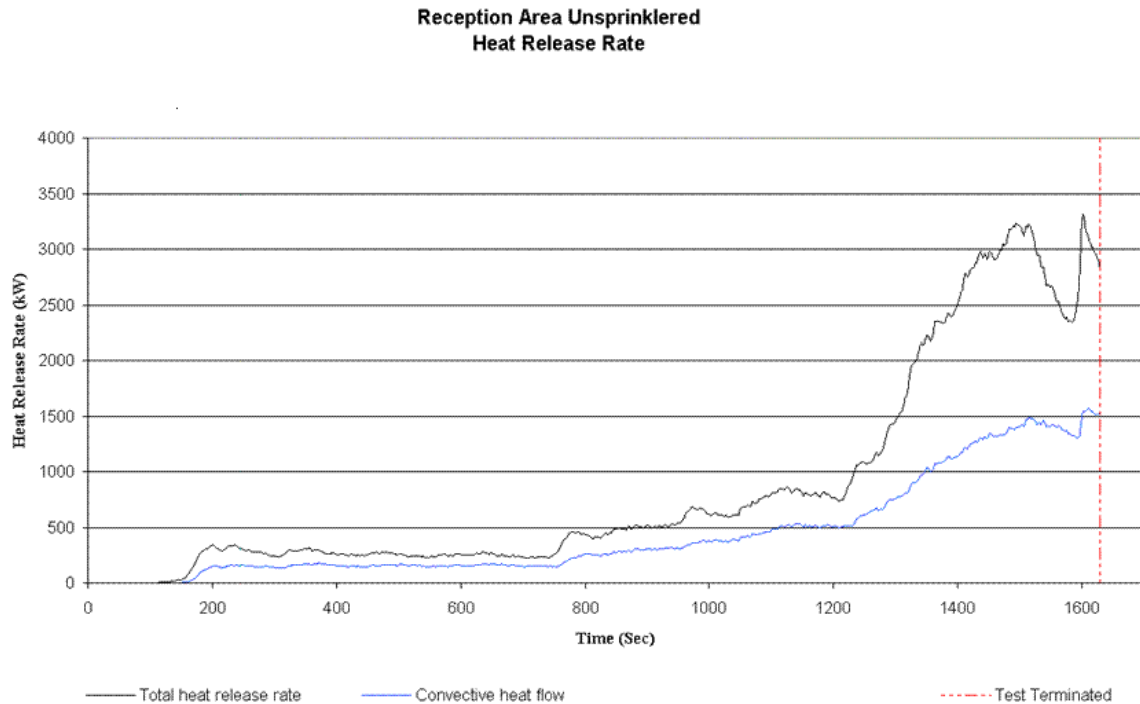
Figur 11. Temperatur på höjden 1,8 m och avståndet 5 m från branden.

5.7.2 Kontorsbrand

Kontorsrummet i detta scenario är ett av de större kontorsrummen och ligger i anslutning till en intern trappa mellan plan 4 och 5, se bilaga 2. Effektkurvan är hämtad från ett försök på Building Research Establishment Limited (BRE) och det rummet hade ungefär samma yta och liknande brännbart material som ett kontorsrum på Univar AB. Eftersom objektet till största delen består av kontor är det viktigt att kontrollera vad en brand i typisk kontorsmiljö skulle få för konsekvenser för utrymning. Kontorsrummet ligger nära en av dörrarna till utrymningsväg på plan 4. Vid en eventuell utrymning skulle många röra sig mot branden om de väljer närmaste dörr till utrymningsväg. Om branden är så kraftig att dörren till utrymningsväg närmst kontoret är obrukbar skulle de behöva välja annan väg, och eventuellt behöva passera det brinnande kontoret. Om branden orsakar brandgasspridning genom den interna trappan upp till pausrummet på plan 5 kan detta försvåra utrymning på detta plan. För att simulera branden i kontorsrummet användes CFAST. Kontorets geometri uppfyller de geometriska kriterier som programmet ställer, se bilaga 3.

5.7.2.1 Effektkurva

Vid BRE har ett försök gjorts där en receptionsmiljö brann. För försöksuppställning se bilaga 10. Effektkurvan från detta försök användes vid scenariot för kontorsbrand, se figur 12.

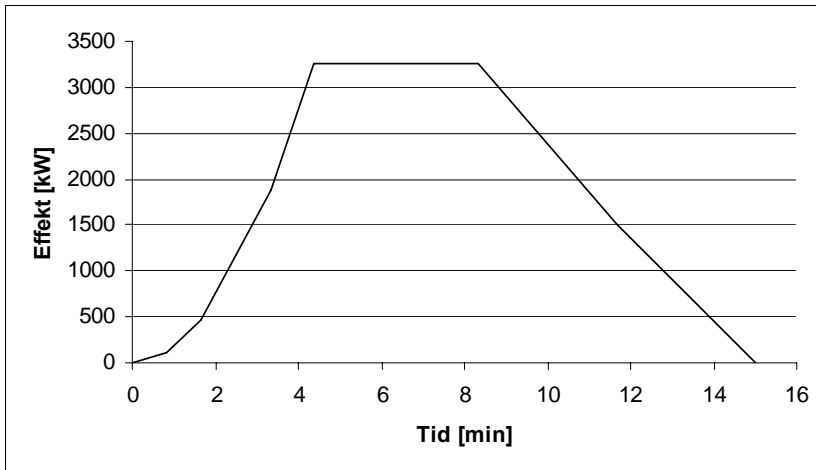


Figur 12. Effektutveckling för försöket vid BRE (BREs hemsida 2005).

Möbleringen i försöket anses motsvara den i ett vanligt kontorsrum på ett bra sätt och kurvan anses därför vara användbar i scenariot i Univar ABs lokaler. Vid simulering i CFAST inkluderas inte tiden i början när ingen effektutveckling sker. Förbrinntiden vid försöket inkluderas i simuleringen eftersom anlagd brand inte är troligt på Univar. En eventuell brand borde då utveckla liten effekt under det inledande brandförloppet och följa kurvan från försöket. Om effektutvecklingen är tillräckligt stor för tidig detektion under förbrinntiden är kurvan inte konservativ med avseende på detektion. Tidig detektion sker men liten effektutveckling gör att personsäkerheten inte äventyras. Om effektutvecklingen i stället är för liten för att detektion ska ske under förbrinntiden sker detektion långt senare efter att branden startat. Kurvan för känslighetsanalysen, se nedan, innehåller ingen förbrinntid. Tidig detektion kommer därför troligtvis ske.

5.7.2.2 Känslighetsanalys

Scenariot varierades genom att kontorsdörren var öppen eller stängd genom hela simuleringen. Det varierades även genom att en snabbare brandtillväxt valdes. Detta gjordes genom att en α^2 -kurva med ett α -värde på 0,047 användes i CFAST. Detta motsvarar en snabb brandtillväxt och är lämplig för kontor (Karlsson m.fl. 2000). Den maximala effektutvecklingen sattes till 3250 kW, vilket är samma värde som för receptionsbranden. Med en snabbare tillväxt erhålls snabbare detektion. Området för brandens placering är vid en av detektorerna på plan 4. Kurvan fick följande utseende:

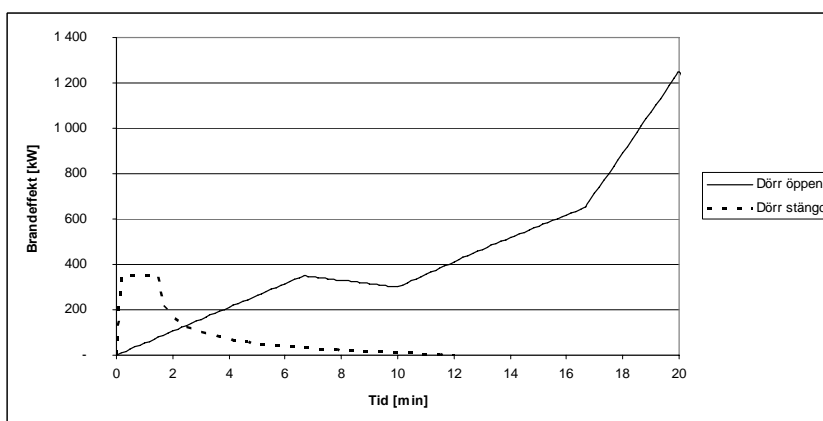


Figur 13. Effektutveckling för känslighetsanalysen vid kontorsbranden.

5.7.2.3 Resultat

Vid simuleringen i CFAST av kontorsbrand med öppen dörr till kontoret var branden bränslekontrollerad och följer den ursprungliga effektkurvan, se figur 12. Branden ger på 2 minuter en hög temperatur i brandrummet. I de omkringliggande rummen höjs temperaturen till 80°C och brandgaslagret sjunker till ca 1,8 m över golvet efter 4 minuter. Simuleringen visar även att rök kommer upp för trappan till plan 5. Denna kan alltså inte användas för utrymning från plan 5. På grund av begränsningarna med CFAST är det svårt att uttala sig om hur mycket rök som kommer upp för trappan. Med största sannolikhet är dock mängderna så små att de inte försvårar utrymning från plan 5 med de två tillgängliga dörrarna till utrymningsvägar. För indata till CFAST se bilaga 18.

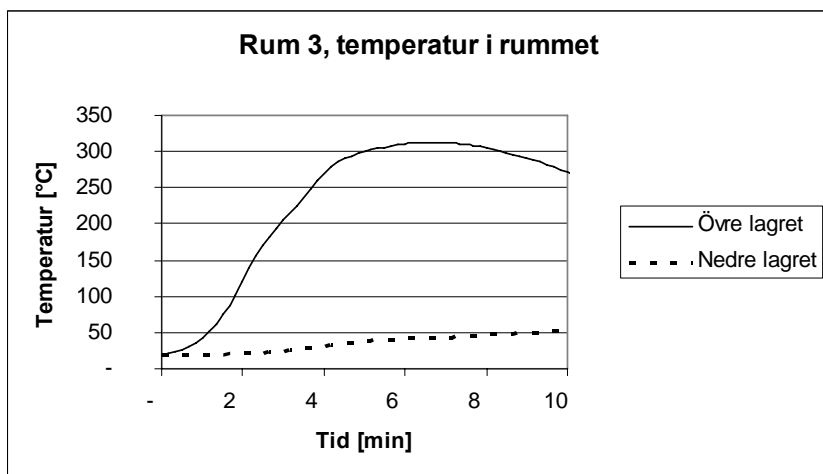
När simulering utfördes med stängd dörr, visade det sig att branden blir ventilationskontrollerad och effektutveckling skedde då enligt figur 14. I detta fall minskade brandeffekten p.g.a. syrebrist.



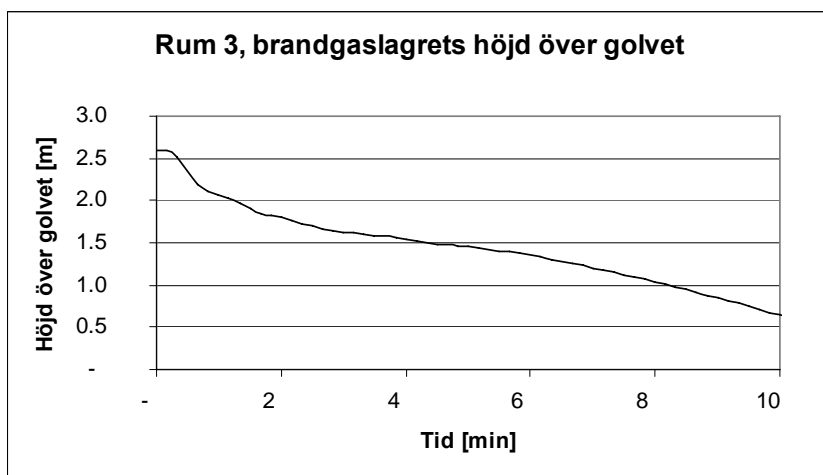
Figur 14. Effektutveckling med långsam tillväxthastighet från simuleringen med öppen och stängd dörr för kontoret på plan 4.

Även för simuleringen med snabb effektutveckling, se figur 13, blev branden ventilationskontrollerad. Denna simulering ger kritiska förhållanden i rummen utanför brandrummet efter 2 minuter, se figur 15 och 16. Det blir en snabbare och större

temperaturstegring än för ursprungskurvan. För resultatfigurer för detta scenario se bilagor 13, 14 och 15.



Figur 15. Temperatur utanför brandrummet.



Figur 16. Brandgaslagrets höjd utanför brandrummet.

5.7.3 Brand i skrivare

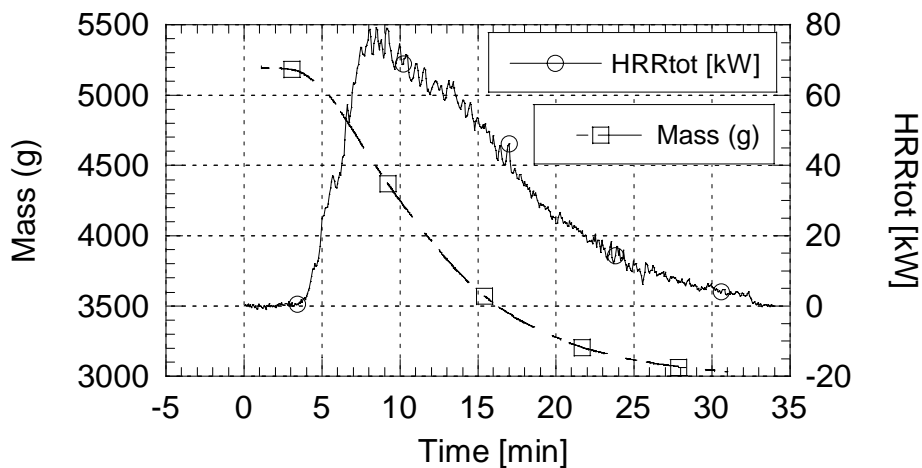
Detta scenario är framtaget för att undersöka huruvida en brand i detta utrymme, se figur 17, skulle påverka personalens förmåga att utrymma från de stora och öppna ytorna på plan 5. Skälet till detta är att många behöver passera detta område för att ta sig till en utrymningsväg, samt att utgången till ljusgården på plan 5 är mycket nära området där skrivaren står. Eftersom de flesta i personalen kommer in via ljusgården på plan 5 är det sannolikt att detta är den utrymningsväg som de flesta kommer att välja i första hand. Detta baseras på forskning som har kartlagt att människor i stressade situationer oftast försöker ta sig ut samma väg som de kom in (Frantzich 2001). Precis som brandscenariot i kontorsrummet är scenariot med brand i skrivare placerat centralt på våningsplanet och skrivaren står i ett utrymme med mycket brännbart material. Inledningsvis studerades bara brand i en skrivare och sedan gjordes en känslighetsanalys där effekterna av en eventuell spridning av branden studerades. Om brandspridning till detta material sker kan effektutvecklingen bli stor, vilket kan påverka möjligheterna till en säker utrymning. För att simulera branden i skrivarutrymmet användes CFAST. Utrymmets geometri uppfyller de geometriska kriterier som programmet ställer.



Figur 17. Platsen för scenario med skrivare på plan 5 på Univär.

5.7.3.1 Effektkurva

Effektkurvan för att beskriva detta brandförlopp är hämtad ur en artikel som beskriver resultat från ett antal tester med IT-utrustning. Vid försöket där effektkurvan, se figur 18, togs fram brann en DeskJet-skrivare som vägde 5,2 kg. Den totala mängden brännbart material uppskattades till 2,2 kg. (Simonson m.fl. 2004) Vid simulering i CFAST är förbrinntiden vid försöket borttagen.



Figur 18. Effekttutvecklings- och massförbränningskurvor för DeskJet-skrivare (Simonson m.fl. 2004).

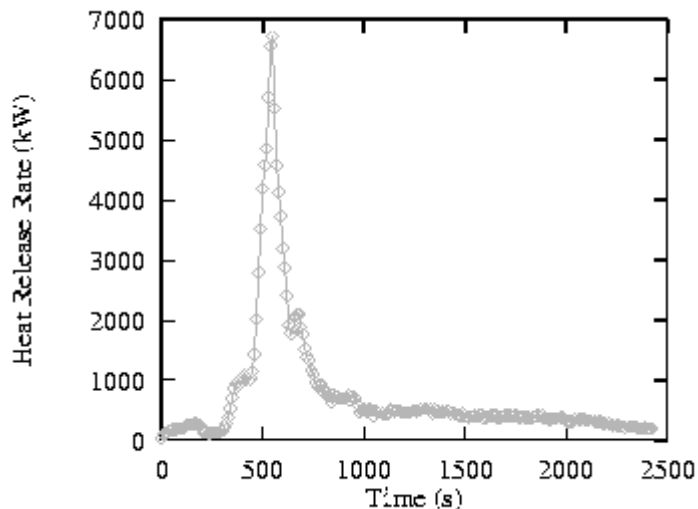
5.7.3.2 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys har utförts för scenariot med skrivaren med avseende på parametern spridning. Ingen hänsyn har tagits till tiden för spridning, utan allt material antas antända nästan samtidigt. Spridning antas ske till övrig inredning i det område där skrivaren är placerad och för denna analys användes en effektkurva från National Institute of Standards and Technology (NIST), se figur 19. Effektkurvan är experimentellt framtagen för en

arbetsstation med tre paneler samt datorutrustning, vilket liknar området där skrivaren befinner sig. För försöksuppställning se bilaga 11. Denna effektkurva valdes för att den har en mycket hög maxeffekt och ger möjlighet att simulera hur en stor brand påverkar personsäkerheten.

Det är dock viktigt att betona varför spridningen har valts som den parameter som varierar i scenariot med brand i skrivare. Eftersom utrymmet är öppet borde branden ha stor tillgång till syre vilket innebär att branden kan växa till sin fulla maxeffekt förutsatt att man simulerar ett tillräckligt långt brandförlopp. Men eftersom det är personsäkerhet och utrymning som är rapportens fokus, är det tiden för utrymning som styr hur länge man simulerar brandförloppet.

Effektkurvan som användes när spridning förutsattes har ett α -värde som ligger mellan en motsvarande medelbrand och snabb brand. Enligt Karlsson m.fl. rekommenderas α -värdet för snabb brand i kontorsmiljöer. Bedömningen gjordes att detta är väl tilltaget och att effekten vid känslighetsanalysen tillväxer tillräckligt snabbt. Denna känslighetsanalys verifieras därför inte ytterligare.



Figur 19. Effektkurva för en arbetsstation med tre paneler (NIST 2005).

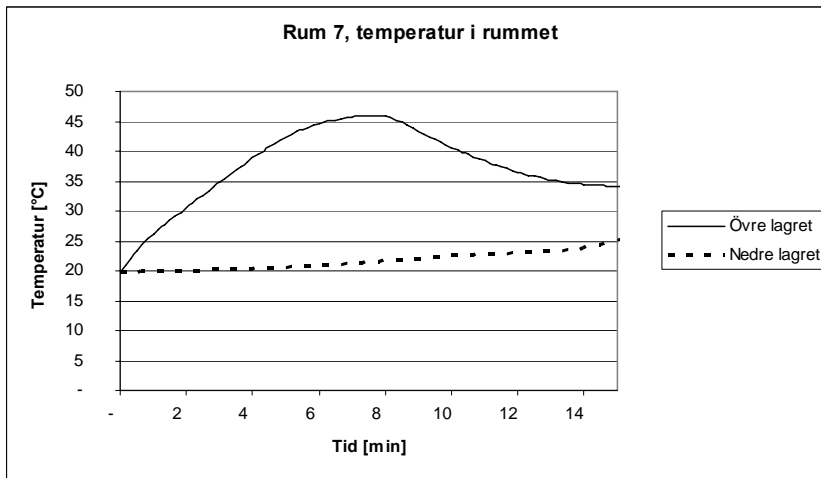
5.7.3.3 Resultat

Två analyser har gjorts och simulerats i CFAST för scenariot med skrivaren:

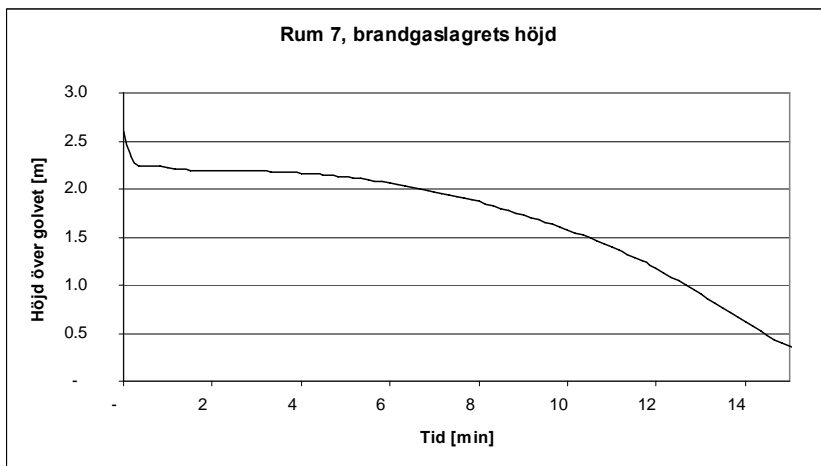
- Endast skrivaren brinner, maximal effekt ca 80 kW.
- Branden sprids till den omedelbara omgivningen, maximal effekt ca 7 MW. För resultat se bilagor 16 och 17.

När det brinner enbart i skrivaren når aldrig branden upp i särskilt höga temperaturer. Som mest blir det drygt 45°C i det övre lagret, se figur 20, och det inträffar efter ungefär 8 minuter. Brandgaslagrets höjd når inte ner till 1,8 m förrän efter mer än 8 minuter och borde därför inte orsaka några siktproblem för dem som utrymmer, se figur 21. Sikten i brandgaslagret är efter 4 minuter ca 2,5 m precis vid branden och drygt 7 m i området runt branden. Det är tveksamt om tvåzonsmodellen gäller i detta fall då brandgaserna är relativt kalla. Det kommer sannolikt att bli en välomblandad zon. Då kommer sikten att bli betydligt bättre då sikten är fri i det

undre lagret enligt CFAST. En brand i skrivaren kommer alltså inte att ge upphov till siktproblem.



Figur 20. Temperatur i utrymmet med skrivaren.



Figur 21. Brandgaslagrets höjd i utrymmet med skrivaren.

Vid spridning når brandgaslagret höjden 1,8 m efter ca 4 minuter och när temperaturen når över 80°C har det gått nästan 5 minuter. Sikten i brandgaslagret är efter 4 minuter drygt 2,5 m både i brandutrymmet och i området runt branden. Brandgaslagret ligger på drygt 1,8 m höjd och en tvåzonsskiktning är sannolik då brandgaserna är betydligt varmare än omgivande temperatur. Det borde därför inte vara några siktproblem under utrymningen.

5.8 Resultat för handberäkningar och Simulexsimulering

5.8.1 Handberäkningar

Eftersom brandlarm finns i lokalen användes tiden till detektion för rökdetektorerna som varseblivningstid vid handberäkningar. Tiden för detektion beräknades i DetactT2. Beslut-och reaktionstiden har valts för en person som antas ta längst tid på sig att utrymma. Personen antas fråga folk i sin omgivning vad som har hänt, gå runt till sina kollegor och varna dem och sedan försöka släcka branden. Längsta gångavståndet till dörr till

utrymningsväg användes. Längsta avståndet är på plan 4 och beräkningarna har gjorts med utgångspunkt från uppmätt avstånd på detta plan. Eftersom gångavståndet är kortare på plan 5 och det är den enda parametern som varierar kommer tid för utrymning bli kortare än på plan 4. Förflyttningstiden har beräknats enligt modellen i Brandskyddshandboken (2002).

Utrymningstiden beräknades till drygt 6 minuter med handberäkningar. För beräkningar se bilaga 5.

5.8.2 Simulexsimulering

Vid Simulexsimulering antas detektion ske snabbare än vid handberäkningar. Detektion antas ske efter ca 1 minut vilket bedöms vara rimligare än resultatet erhållet i DetactT2.

Vid användning av Simulex erhöles utrymningstiden knappt 4 minuter när personerna var jämnt fördelade. När alla placerades i samma rum, antaget personalmöte, blev utrymningstiden drygt 4 minuter. För beräkningar och personfördelning se bilagor 5 och 6.

6 Utrymningsövning på Univar AB

Den 10 november 2005 genomfördes en utrymningsövning på Univar AB på Arkaden i Malmö. SOS Alarm och intilliggande företag var informerade. Louise Paulsson, Nordic Personnel / Marketing Coordinator, hade planerat övningen.



Figur 22. Dörr till utrymningsväg och handbrandsläckare på Univar AB.

6.1 Utbildning

Ungefär en gång om året skickar Louise Paulsson ut information till de anställda via e-mail om företagets rutiner vid brand. Där ingår bl.a. information om var återsamlingsplatsen är och att brandlarmet inte är vidarekopplat till räddningstjänsten.

6.2 Förutsättningar för utrymningsövning

Förutsättningarna var att det brann vid entrén på plan 4 och vid utgången till ljusgården på plan 5. Detta visades med skyltar som sattes upp på respektive dörrar när larmet aktiverades av fastighetsskötaren som sedan stod kvar och observerade vid entrén. I normala fall finns tre dörrar till utrymningsvägar, se figur 22, på plan 4 och två på plan 5. Vid utrymningsövningen skulle två respektive en kunna användas. Författarna placerade sig i ljusgården på plan 4 och i trapp- och hisshuset på plan 5 för att observera hur många som valde respektive dörr till utrymningsväg. En av författarna placerade sig vid återsamlingsplatsen utanför byggnaden och distribuerade enkäter till samtliga utrymmande. En kamera dold i en väska placerades riktad mot kontorslandskapet på plan 5 för att observera folks reaktioner när larmet gick.

6.3 Resultat och observationer vid utrymningsövning

På plan 4 var en av de två dörrarna till utrymningsvägar som skulle användas igenmålrad, vilket ledde till att många på detta plan fick välja annan väg. På detta plan observerades att

flest valde dörren till utrymningsvägen genom ljusgården. Vid entrén observerades att några till en början såg undrande ut, några stängde dörren till sina kontor och några hjälpte andra att utrymma.

På plan 5 observerades att alla kommit ut efter 3 minuter. Alla tog med sina jackor och sista personen såg till att dörren till utrymningsvägen var stängd. Fördelningen var jämn mellan de båda dörrarna till utrymningsvägarna, men de som gick till den fiktiva branden fick senare välja den dörr som var i bruk. På kamerainspelningen observerades att de flesta reagerade snabbt på larmsignalen, tog sina väskor och gick mot närmaste dörr till utrymningsväg.

Samtliga var ute ur lokalerna inom 3 minuter och på återsamlingsplatsen kort därefter, där receptionisten ropade upp folk från listan på företagets anställda och besökslistan. 10 minuter efter att larmet aktiverats var samtliga inräknade och de anställda kunde återvända till sin arbetsplats.

6.4 Utvärdering av enkät och reflektioner

På återsamlingsplatsen fick samtliga 56 personer som deltog i utrymningsövningen en enkät som ifylldes direkt när de återvänt till sina kontor. För utformning av enkät se bilaga 7. Av de 36 som besvarade enkäten var 30 kvinnor och 6 män. 33 % hade jobbat i lokalerna i ett år eller mindre. De flesta förstod att de skulle utrymma för att de hörde larmet. Därefter talade de flesta med någon annan och gick sedan mot en utgång. Endast en letade efter en brandsläckare och några få försökte ta reda på var det brann. Övervägande delen tyckte att brandlarmet hördes tydligt, men några som satt i telefonkonferens hade problem att uppfatta signalen. Vid val av dörr till utrymningsväg var fördelningen jämn mellan de som valde närmaste vägen ut, de som gick dit andra gick och de som gick dit de visste sedan innan att där fanns en dörr till utrymningsväg. Väldigt få gick med vägledning av utrymningsskyltar men hälften av de utrymmande såg att de fanns. Under utrymningsövningen var det en liten andel som trodde att situationen var allvarlig för deras säkerhet och de flesta upplevde ingen fara alls. Några misstänkte att det var en övning. Några hjälpte andra att utrymma.

7 Diskussion

Vid uppskattning och beräkning av utrymningstiden ger handberäkningar längst tid. Detta beror delvis på den långa detektionstiden för rökdetektorerna framräknad med DetactT2. Programmets lämplighet kan ifrågasättas för att uppskatta detektionstid för rökdetektorer, eftersom det är framtaget för värmedetektorer och sprinkler. Resultatet från DetactT2 kan jämföras med uppgifter från försök och tillverkare. Tiden för detektion är förmodligen betydligt kortare än tiden erhållen i DetactT2. Tider för beslut och reaktion måste uppskattas av användaren i Simulex och beror på egenskaperna hos de utrymmande.

Utrymningsövningen visade att de anställda hade god lokalkännedom och kände till rutinerna för utrymning. Många av de som skulle utrymma från plan 4 var tvungna att välja annan väg, eftersom en av de utrymningsvägarna som skulle vara i bruk var igenmålade. Några av de som påpekade att larmet hördes dåligt gav anledningen att det bara var en ton, så det skulle kunna ersättas av ett pulserande larm. Nästan alla bedömde att situationen inte utgjorde någon fara alls för deras säkerhet och några skrev till och med i enkäten att de misstänkte att det var en övning. Vid verklig brand kan det hända att lokalerna rökfylls och blir varma, vilket kan göra att folk agerar väldigt annorlunda jämfört med vid en övning.

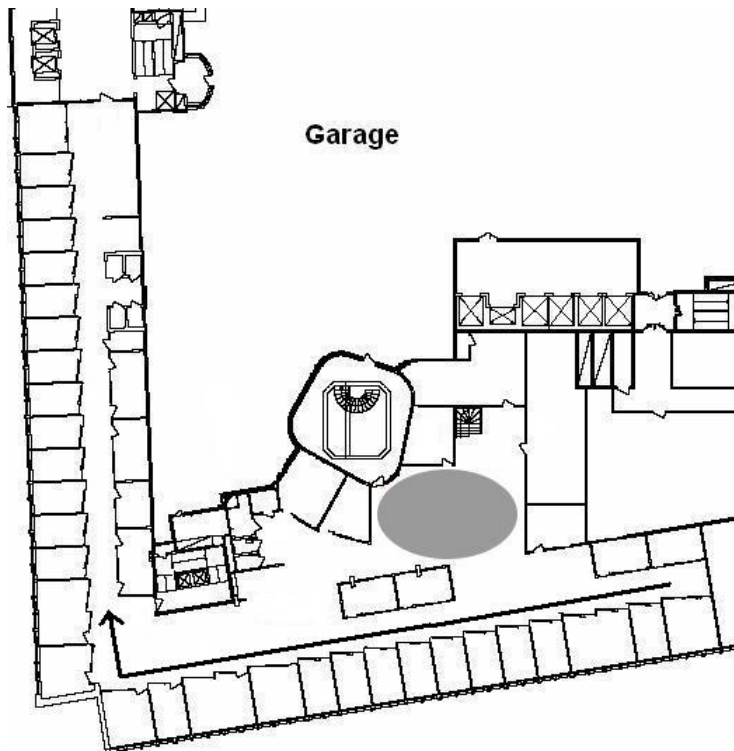
Sammanfattningsvis ger de olika metoderna för att uppskatta tid för utrymning resultat som varierar mellan 3 och 6 minuter. Den mest realistiska tiden för utrymning är den från utrymningsövningen. En verklig utrymning kan till och med gå fortare. Vid utrymningsövningen var tre av fem dörrar till utrymningsvägar ur bruk vilket förmodligen förlängde utrymningstiden.

Vid brand i garaget uppnås en maximal temperatur på ungefär 250°C efter ca 7 minuters simulering. Den snabba rökfyllnadstiden och den snabba temperaturstegringen i garaget påskyndas av att effektkurvan kortas ned för FDS. Effektkurvan från försöket tillväxer mycket långsammare, och det borde betyda en betydligt längre tid för brandgasfyllnad av garaget.

Räddningstjänsten bedöms vara på plats 3 minuter efter larm vilket innebär att de är där innan stora personrisker föreligger. Det bör dock undvikas att någon går ut i garaget under hela tiden för brandförloppet eftersom garaget rökfylls snabbt.

Av rökfyllnadstiden i garaget kan man se att den betydligt större gridstorleken har påverkat simuleringarna med två bilar något. Rökfyllnaden går där långsammare än för enbilssimuleringen trots att det i början av brandförloppet är samma effektutveckling för båda försöken. Skillnaden är dock inte stor och griden kan därför anses ha liten inverkan på resultatet. Försök med ännu mindre gridstorlek än i enbilssimuleringarna har inte gjorts då datorkapacitet för detta saknats.

Vid brand i kontoret blir förhållanden strax utanför brandrummet, vid försöket med öppen dörr, sådana att de kan försvåra utrymningen genom utrymnet utanför kontoret. På 4 minuter blir temperaturen i brandgaslagret 80°C och når en höjd på 1,8 m över golvet. Det finns dock alternativa utrymningsvägar som fortfarande går att nå för alla anställda. För känslighetsanalysen med en snabbare effektutveckling nås kritiska förhållanden utanför rummet efter 2 minuter. Precis som i ursprungsfallet kan man fortfarande evakuera genom annan dörr till utrymningsväg där kritiska förhållanden inte råder. I Figur 23 är området där kritiska förhållanden råder markerat. Utrymning kan ske utmed den svarta linjen.



Figur 23. Område där kritiska förhållanden råder är markerat med grått. Utrymning kan ske utmed den svarta linjen.

En brand i enbart skrivaren verkar inte ge upphov till några utrymningsproblem. Då branden sprids till omgivningen når brandgaslagrets höjd ner till 1,8 m nära branden efter 4 minuter och när temperaturen når över 80°C i det under lagret har det gått nästan 5 minuter. En sådan brand bör alltså inte orsaka några utrymningsproblem. Detta baseras på att alla var ute efter 3 minuter på utrymningsövningen och möjlighet finns att välja utrymningsväg som inte är i närheten av branden.

Behovet av ett utrymningslarm i Univars lokaler är uppenbart eftersom tidig detektion förbättrar förutsättningarna för säker utrymning. Det är inte lagstadgat med utrymningslarm på kontor, men utan detta skulle inte alla bli varse om att det brinner så fort som de blir med ett utrymningslarm.

Det är dessutom viktigt att betona att det är mycket svårt för räddningstjänsten att genomföra en livräddning om någon i personalen inte har hunnit ut. Vid rökdykning är det svårt att hitta en person i en så stor och rökfylld volym som de kontorslandskap som Univar har på både plan 4 och 5.

Att företaget tillsammans med ägaren av fastigheten noggrant arbetar med sitt systematiska brandskyddsarbete och aktivt bedriver utbildning med personalen i förebyggande syfte m.a.p. brand är en billig livförsäkring för personalen. Ett väl fungerande utrymningslarm är ett måste för en sådan här lokal.

8 Förslag till åtgärder

Utrymningslarmet bör ändras från ett entonigt till ett pulserande larm för att förbättra hörbarheten.

Vid brand i garaget blir de anställda på Univar inte underrättade förrän räddningstjänsten eventuellt informerar. För att undvika att någon ovetandes går ut i garaget, kan en lampa sättas upp i ljusgården vid dörren till garaget som lyser när detektorerna i garaget aktiveras.

Vid båda besöken på Arkaden var en dörr i garaget på plan 4 uppställd, se figur 24. Denna skall vara stängd eftersom den sitter i en brandcellsgräns.

Förutsättningarna för säker utrymning förbättras ju fortare personalen underrättas om att det brinner. Detta kan göras med ett brandlarm. Därför är författarnas åsikt att samtliga kontorslokaler i Arkaden ska utrustas med brandlarm om de inte redan har det.



Figur 24. Uppställd dörr i garaget på plan 4.

9 Referenser

- Boverkets hemsida,
http://www.boverket.se/novo/filelib/arkiv11/publikationerfulltext/behverjagbygglov_2w.pdf,
hämtad 2005-11-12
<http://www.boverket.se/novo/filelib/forfattningar/bbr/bbr2002/bbr2002fulltext.pdf>,
hämtad 2005-11-29
- Brandskydd i Boverkets byggregler (2002). Tryckindustri Information AB, Stockholm 2002.
- Brandskyddshandboken. Rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002.
- Brandsäkerts hemsida, <http://www.brandsakert.se/aktuellt.asp?id=36>. hämtad 2005-11-10
- Building Research Establishments hemsida,
<http://projects.bre.co.uk/frsdiv/designfires/mainframe.htm>, hämtad 2005-11-12
- Frantzich, H. (2001) Tid för utrymning vid brand P21-365/01, Räddningsverket, Karlstad
- Gojkovic, D. (2005) föreläsning om CFAST 2005-09-21, Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Holmstedt, G. (2005) föreläsning om Aktiveringstid, Värmedetektorer 2005-09-08, Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.
- IES (2005) Simulex version 11.1.3. Integrated Environmental Solutions Ltd.
- Joyeux, D. (1997) Natural Fires in Closed Car Parks Car Fire Tests, Testing and Fire division – Fire research and Engineering Section, St Rémy-lès-Chevreuse Cedex.
- Karlsson, B. & Quintiere, J.G. (2000) Enclosure Fire Dynamics. CRC Press LLC, Boca Raton.
- Kompendium i kursen Aktiva system (VBR082) (2005). Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Lundin, J., Olsson, F. (2000) Kostnadseffektiv utformning av alternativt brandskydd, rapport 3210, Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund.
- NFPA 72 (1996) National Fire Alarm Code, National Fire Protection Association, Quincy, MA
- NIST (2005) CFAST version 6.0.5. Building and Fire Research, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD
- NIST (2005) Fire Dynamics Simulator version 4.0.6. Building and Fire Research, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD
- NISTs hemsida, <http://www.fire.nist.gov/fire/fires/work3/work3.html>, hämtad 2005-11-12

Regeringskansliets hemsida, <http://miljo.regeringen.se/sb/d/445>, hämtad 2005-11-10

Räddningsverkets hemsida, http://www.srv.se/Templates/SRV_FileListing_2264.aspx, hämtad 2005-11-10

Simonson, M., Andersson, P., and Bliss, D.P., (2004) "Fire Performance of Selected IT-Equipment", Fire Technology 40(1), pp 27-37

Sveriges televisions hemsida <http://www.svt.se/nyheter/2000/000414/128.html>, hämtad 2005-11-10.

Yndemark, B. (2005-05-25) Brandskyddsokumentation av Kv. Spinneriet, Univar AB, Malmö.

Genberg, H., Backvik, B. (1996) Brandskydd Byggvägledning 6. Wallin & Dalholm Boktryckeri AB, Lund.

Bilagor

Bilaga 1, Begrepp

Aktivt system – innefattar de brandskyddsåtgärder som måste aktiveras vid en brand för att minska brandskadorna, t.ex. detektorer och släcksystem (Kompendium, Aktiva system 2005)

α – värde – koefficient för brandens intensitet i brandtillväxtmodell. (NFPA 72 1996)

Brandcell – ett eller flera rum i en byggnad som förhindrar spridning av brand och brandgas under så lång tid som krävs för utrymning och räddning (Brandskyddshandboken 2002).

Brandförlopp - branden delas in i tre faser: växande brand, konstant brand och avtagande brand. (Brandskyddshandboken 2002)

Brandscenario – hur spridningen av brand och brandgas utvecklas i eller mellan byggnader (Brandskyddshandboken 2002).

Brandtekniska klasser – klass för indelning i brandtekniska egenskaper av material, beklädnader, ytskikt och byggnadsdelar. E (avskiljande), I (isolerande), C (dörrstängare) (Brandskyddshandboken 2002).

CFD (Computational Fluid Dynamics) – rummet delas upp i små kontrollvolymmer för vilka kontinuitetsekvationerna för massa, energi, ämnen och rörelsemängd löses vilket bland annat används för att studera brandförloppet (Brandskyddshandboken 2002).

DetactT2 – program för uträkning av tid till sprinkleraktivering.

Effektkurva – Effekt som funktion av tid för ett brandförlopp.

FAST/CFAST – en tvåzonsmodell som användes för att studera brandförloppet.

FDS – en CFD modell som användes för att studera brandförloppet.

Insatstid – den tid det tar för räddningstjänsten att nå fram från det att larmet går.

Känslighetsanalys – analys av hur förändringar av indata och ingångsvärden påverkar resultatet (Brandskyddshandboken 2002).

Passivt system – innefattar de brandskyddsåtgärder som alltid finns oavsett om det brinner eller inte, t.ex. en brandvägg. (Kompendium, Aktiva system 2005)

$Q = \alpha t^2$ – kurva – brandtillväxtmodell (NFPA 72 1996)

Simulex – program för simulering av tid för utrymning

Tvåzonsmodell – delar in rummet i en övre varm brandgasfylld zon och en undre kall brandgasfri zon (Brandskyddshandboken 2002).

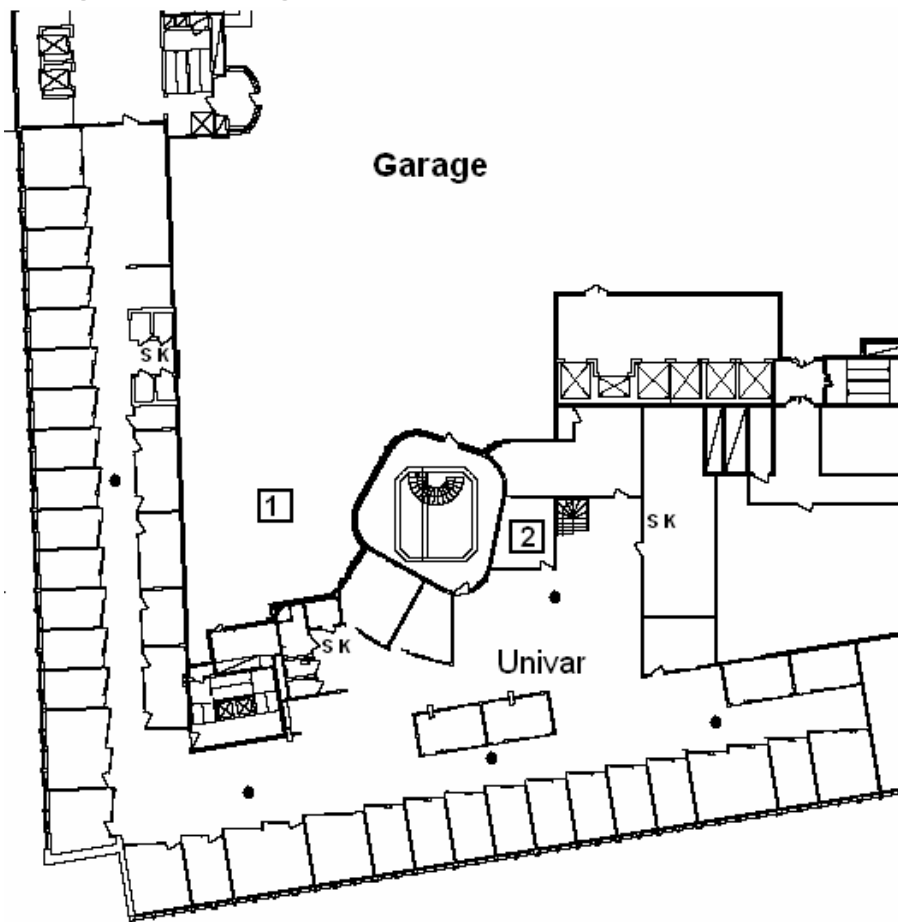
Utrymningsväg – dörr, port eller fönster som leder direkt till det fria eller till trappa, korridor eller tunnel inom en egen brandcell som leder till det fria (Brandskyddshandboken 2002).

Ytskikt – med ytskikt menas den yttre delen av en byggnadsdel eller beklädnad (färg, tapet mm), som kan bli utsatt för brandpåverkan i tidigt skede av en brand. Ytskikten delas upp i olika klasser och följande klasser används i arbetet:

- A2 - obrännbart material
- B - brännbart material
- C - brännbart material
- s1 - produkten får avge mycket begränsad mängd brandgaser
- s2 - produkten får avge begränsad mängd brandgaser
- d0 - brinnande droppar eller partiklar får ej avges från produkten

(Brandskyddshandboken 2002)

Bilaga 2, Ritning över Univar AB

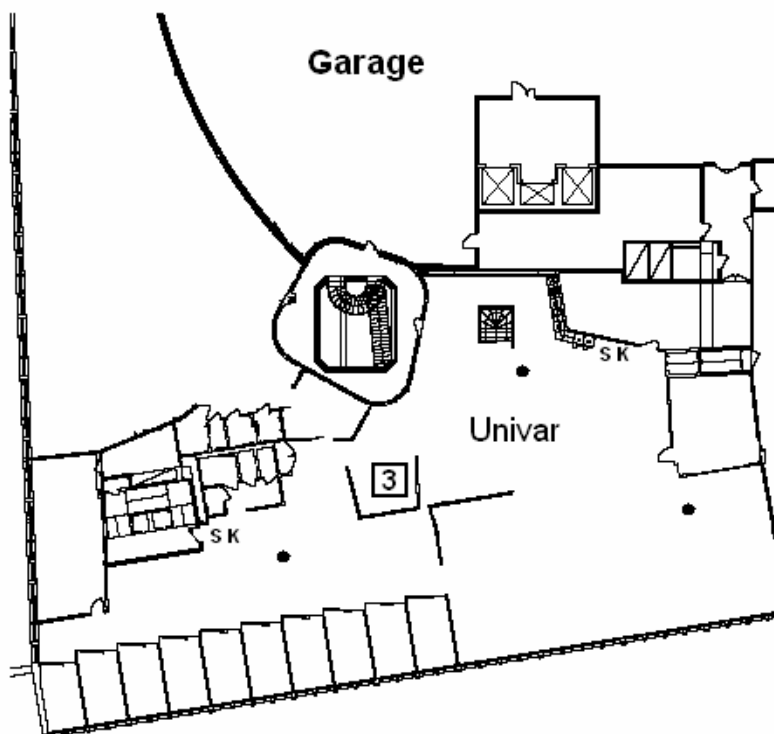


Univar
Plan 4

1 Bilbrand
2 Kontorsbrand

• Detektor

Handbrandsläckare
S Skum
K Kolsyra



Univar
Plan 5

3 Brand i skrivare

• Detektor

Handbrandsläckare
S Skum
K Kolsyra

Bilaga 3, Program

CFAST

För att beräkna bla temperaturer och brandgaslagrets höjd i olika rums geometrier kan programmet CFAST (NIST 2005) användas. CFAST är en förkortning av Consolidate model of Fire Growth and Smoke Transport. Det är ett program som använder en tvåzonsmodell där lokalen delas in i två kontrollvolym; en övre zon med brandgaser och en undre zon vid rumstemperatur. Båda lagren antas vara homogena och välblandade och brandgaserna har samma temperatur i hela det övre lagret. CFAST utvecklades från början för att förutse brandförlopp i familjehus och för större lokaler är dess kapacitet därför begränsad (Gojkovic 2005). I för stora volymer kan den termiska stignakraften hos brandgaserna vara otillräcklig för att forma två zoner. Tvåzonsmodeller är inte giltiga efter att brandförloppet har nått övertändning eftersom brandgaserna då har nått golvet. En annan begränsning med tvåzonsmodeller är kraven på rummets geometri. Förhållandet mellan längd och bredd, L/B, bör inte vara större än 5 och förhållandet mellan längd och höjd, L/H, bör inte vara större än 6.

Branden i CFAST måste definieras av användaren i form av en effektutvecklingskurva. Hur detaljerad denna är påverkar tillförlitligheten till resultaten. Brandplymen uppskattas med McCaffrey's plymmodell och är inte en egen kontrollvolym. Ingen hänsyn tas till transporttider så brandgaser som bildas antas därför momentant befinna sig vid taket.

Fördelen med program för tvåzonsmodeller är användarvänligheten och den korta simuleringstiden. Resultaten är också relativt lättolkade.

FDS

För att beräkna temperatur och brandgasfyllnad i garaget har programmet Fire Dynamics Simulator, FDS, (NIST 2005) använts. FDS är ett s.k. CFD-program (computational fluid dynamics). Till skillnad från tvåzonsmodellerna där rummet delas in i två zoner delas rummet i FDS in i ett väldigt stort antal volymer. Storleken på dessa bestäms av användaren som sätter en gridstorlek. Griden är rutnätet i x- y- och z-led. För varje volym löser sedan FDS kontinuitetsekvationerna för massa, energi, ämnen och rörelsemängd för varje tidssteg. Detta ger för många fall en simulering som bra speglar verkligheten. En stor nackdel är dock tidsåtgången för simuleringarna. En stor volym kan ta upp till flera veckor att simulera. (Gojkovic 2005)

Simulex

Simuleringar av utrymning i kontorslokalerna har gjorts i datorprogrammet Simulex (IES 2005). I programmet används CAD-ritningar och antal nödutgångar och dess placering markeras. Med hjälp av avståndskartor kan användaren bestämma vilka personer som ska välja vilken utrymningsväg. Det antal personer som ska utrymma placeras ut. Egenskaperna för dessa kan varieras t.ex. med olika gånghastigheter och reaktionstider. Programmet tar lite hänsyn till personliga egenskaper hos de utrymmande. I situationer där personliga egenskaper har stor betydelse för utrymningstiden kan resultaten därför vara missvisande och handberäkningar bör göras för jämförelse.

DetactT2

För att räkna ut aktiveringstiden för de optiska rökdetektorerna i kontorslokalerna har datorprogrammet DetactT2 använts. Programmet kan användas för att beräkna aktiveringstider för takplacerade sprinkler, maximalvärmedetektorer och differentialvärmedetektorer. Branden antas tillväxa enligt en αt^2 – kurva och α bestäms av användaren. Det antas också att detektorns känselement bara värms upp av takstrålen och inte av ett eventuellt varmt övre brandgaslager (Holmstedt 2005).

Bilaga 4, Uppfyllande av lagar, förordningar och föreskrifter

Boverkets Byggregler

5:13 Analytisk dimensionering (*BFS 2002:19*)

Analytisk dimensionering och vid behov tillhörande riskanalys skall verifiera brand- och utrymningssäkerheten i byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskada. Analytisk dimensionering kan vara beräkning, provning eller objektsspecifika försök, samt kombinationer av dessa.

Om dimensionering av brandskyddet sker genom beräkning, skall beräkningen utgå från omsorgsfullt valda dimensionerande värden och utföras enligt beräkningsmodell som på ett tillfredsställande sätt beskriver aktuellt fall. Valda beräkningsmodeller skall redovisas. (*BFS 2002:19*)

Råd: Byggnader där brand kan medföra mycket stor risk för personskada är större komplexa byggnader eller byggnader där det kan vistas ett mycket stort antal personer. Exempel på sådana byggnader kan vara byggnader med fler än 16 våningsplan, byggnader med vissa typer av samlingslokaler, eller vårdanläggningar, samt komplexa byggnader under mark. (*BFS 2002:19*)

Osäkerheten hos valda indata bör redovisas genom gjorda känslighetsanalyser. (*BFS 1995:17*)

(Boverkets hemsida 2005)

5:11 Alternativ utformning (*BFS 1995:17*)

Brandskyddet får utformas på annat sätt än vad som anges i detta avsnitt (*avsnitt 5*), om det i särskild utredning visas att byggnadens totala brandskydd därigenom inte blir sämre än om samtliga aktuella krav i avsnittet uppfyllts. (*BFS 1995:17*)

Råd: Sådan alternativ utformning kan bl.a. användas, om byggnaden förses med brandskyddstekniska installationer utöver vad som följer av kraven i avsnittet. Den särskilda utredningen redovisas i brandskyddsdocumentation enligt avsnitt 5:12. (*BFS 1995:17*)

(Boverkets hemsida 2005)

1:3 De allmänna råden

De allmänna råden innehåller generella rekommendationer om tillämpningen av föreskrifterna i denna författning och i huvudförfattningarna och anger hur någon *kan* eller *bör* handla för att uppfylla föreskrifterna. Det står dock den enskilde fritt att välja andra lösningar och metoder, om dessa uppfyller föreskrifterna. De allmänna råden kan även innehålla vissa förklarande eller redaktionella upplysningar. De allmänna råden föregås av texten *Råd* och är tryckta med mindre och indragen text i anslutning till den föreskrift som de hänför sig till.

Lagen om skydd mot olyckor

Skyldigheter för ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader och andra anläggningar

2 § Ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar skall i skälig omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.

3 § Ägare av byggnader eller andra anläggningar, där det med hänsyn till risken för brand eller konsekvenserna av brand bör ställas särskilda krav på en kontroll av brandskyddet, skall i skriftlig form lämna en redogörelse för brandskyddet. En nyttjanderättshavare skall ge ägaren de uppgifter som behövs för att denne skall kunna fullgöra sin skyldighet.

Är det fråga om sådana anläggningar som avses i [4 §](#) skall i stället den som utövar verksamheten på anläggningen se till att en redogörelse enligt [första stycket](#) upprättas. Ägaren av anläggningen skall ge den som utövar verksamheten de uppgifter som behövs för att denne skall kunna fullgöra sin skyldighet.

Redogörelsen skall lämnas in till kommunen.

5 kap. Tillsyn

1 § Tillsyn över efterlevnaden av denna lag och föreskrifter som har meddelats med stöd av lagen utövas av en kommun inom kommunens område och av länsstyrelsen inom länet. Statens räddningsverk eller, i fråga om statlig räddningstjänst, den myndighet som regeringen bestämmer, utövar den centrala tillsynen.

2 § För tillsynen har tillsynsmyndigheten rätt att få tillträde till byggnader, lokaler och andra anläggningar. Tillsynsmyndigheten har också rätt att få de upplysningar och handlingar som behövs för tillsynen.

Tillsynsmyndigheten får meddela de förelägganden och förbud som behövs i enskilda fall för att denna lag eller föreskrifter som meddelats med stöd av lagen skall efterlevas.

Beslut om föreläggande eller förbud får förenas med vite. Om någon inte vidtar en åtgärd som denne är skyldig att vidta enligt tillsynsmyndighetens föreläggande, får myndigheten vidta åtgärden på dennes bekostnad.

3 § Polismyndigheten skall lämna den hjälp som behövs för tillsynen.

4 § Kommunen får föreskriva att en avgift skall betalas för tillsynsbesök som föranletts av bestämmelserna i [2 kap. 2 §](#).

Arbetskyddsstyrelsens författningssamling, AFS

AFS 2000:42

Larm och utrymning

Utrymning

77 § Det skall finnas sådan möjlighet till utrymning som är betingad av byggnadens, lokalens, arbetsplatsens och verksamhetens art. I händelse av fara skall alla arbetsplatser och personalutrymmen kunna utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår. Antalet utrymningsvägar samt deras fördelning och kapacitet skall vara avpassade efter arbetsplatsernas användning, utrustning och storlek och efter det största antal människor lokalen är avsedd för. I regel skall det finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Utrymningsvägar skall så direkt som möjligt leda ut i det fria eller till annat säkert ställe.

78 § Vid placering av tekniska anordningar, inredning och material skall utrymningsvägarnas tillgänglighet beaktas. Utrymningsvägar samt vägar och dörrar till utrymningsvägar skall hållas fria från hinder.

79 § Dörrar och grindar för utrymning skall normalt vara utåtgående i utrymningsriktningen. Skjutdörrar och roterdörrar som enbart är avsedda för utrymning är inte tillåtna. Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara lätta att öppna. De får inte vara så låsta eller reglade att utrymning försvåras.

80 § På arbetsplatser från vilka utrymning annars endast kan ske med stor svårighet, skall särskilda åtgärder vidtas för att säkerställa personalens utrymning.

Nödbelysning för utrymning

81 § Utrymningsvägar som kräver belysning för att göra en säker utrymning möjlig skall ha nödbelysning som lyser upp dem tillräckligt vid strömavbrott.

Skyltning och markering för utrymning

82 § Skyltar och andra vägledande markeringar för utrymning skall finnas, om det inte är uppenbart obehövligt. Om det behövs skall vägledande markeringar vara belysta eller genomlysta. Skyltar och andra markeringar skall placeras på lämpliga ställen och ha ett varaktigt utförande.

83 § Utrymningsvägar skall vara markerade på golvet om det finns risk för att de annars kan bli blockerade. Detsamma gäller för vägar till utrymningsväg.

84 § Plats för brandsläckningsutrustning som inte är automatisk skall markeras med skyltar på lämpliga ställen.

Utrymningslarm

85 § För byggnader och arbetslokaler där brand, gasutströmning, syrebrist eller liknande innebär risk för olycksfall eller akut ohälsa skall detektorer och larmanordningar finnas i sådan omfattning som är nödvändig med hänsyn till byggnadens och lokalens storlek och användning. Hänsyn skall även tas till den utrustning som finns i byggnaden, de fysikaliska och kemiska egenskaperna hos förekommande ämnen och produkter, arbetsplatsernas läge

och det största antal människor som lokalen är avsedd för. En larmanordning behövs dock inte där riskerna för olycksfall eller akut ohälsa är små eller där en larmanordning av annan anledning uppenbarligen inte är nödvändig för personalens säkerhet och hälsa.

86 § Larmanordningar skall avge signaler som kan uppfattas av alla som berörs av faran. Processignaler eller andra förekommande signaler skall ha sådan karaktär att de inte förväxlas med en larmsignal.

87 § Larmsignaler skall kunna utlösas manuellt. Om det behövs skall det finnas en anordning som automatiskt utlöser en larmsignal vid brand, gasutströmning, syrebrist eller liknande.

88 § Larmanordningar skall underhållas väl och kontrolleras minst en gång per kvartal.

Särskilda risker vid brand

89 § Särskilda åtgärder skall vidtas för att underlätta utrymning i byggnader och arbetslokaler där en brand kan få en så snabb spridning eller medföra en sådan snabb rökutveckling att utrymning väsentligt försvåras. Om det behövs skall en automatisk brandsläckningsanordning installeras. Brandsläckningsutrustning som inte är automatisk skall vara lätt att komma åt och använda.

90 § I utrymmen där utlöst släckmedel från automatisk släckningsanordning innebär risk för kvävning eller ohälsa för personalen, skall särskilda åtgärder vidtas till skydd mot sådana risker.

Utrymningsplan

91 § I byggnader skall, i den omfattning som behövs och på lämpligt belägna platser, finnas anslag med utrymningsplan. Planen skall visa utrymningsvägar, ange hur räddningskår och annan erforderlig hjälpinsats larmas och, när detta är aktuellt, visa placering av manuella larmutlösningssdon och larmtelefon samt plats för återsamling. Utrymningsplaner behövs dock inte för arbetslokaler vars storlek, läge och överskådlighet är sådan att en utrymningsplan uppenbarligen saknar betydelse för personalens säkerhet vid en utrymning.

Bilaga 5, Utrymningsberäkning

Längsta gångavståndet till dörr till utrymningsväg används i modellen för handberäkning av tid för utrymning. Längsta avståndet är på plan 4 och beräkningarna har gjorts med utgångspunkt från uppmätt avstånd på detta plan. Eftersom gångavståndet är kortare på plan 5 och det är den enda parametern som varierar kommer tid för utrymning bli kortare än på plan 4.

Handberäkning

Plan 4

Varseblivningstid

Eftersom brandlarm finns i lokalen användes tiden till detektion för rökdetektorerna som varseblivningstid vid handberäkningar. Tiden för detektion beräknades i DetactT2. Två olika aktiveringstemperaturer för detektorn testades för att uppskatta känsligheten. Följande indata användes:

1.

Omgivningstemperatur: 20°C

RTI: $1 \sqrt{m * s}$

Aktiveringstemperatur för detektor: 30°C

Takhöjd: 2,6m

Avstånd mellan detektorer: 10m

För brand i kontor, uppskattat α -värde från HRR-kurva är 0,0014 och medium-brand

2.

Omgivningstemperatur: 20°C

RTI: $1 \sqrt{m * s}$

Aktiveringstemperatur för detektor: 35°C

Takhöjd: 2,6m

Avstånd mellan detektorer: 10m

För brand i kontor, uppskattat α -värde från HRR-kurva är 0,0014 och medium-brand

Resultat

1.

Detektor som aktiverar på maximal temperatur, tid till aktivering: 161s

Effektutveckling: 0,3 MW

2.

Detektor som aktiverar på maximal temperatur, tid till aktivering: 190s

Effektutveckling: 0,42 MW

Eftersom brandgaser behöver ca 10°C temperaturdifferens gentemot omgivningen för att stiga användes tiden för rökdetektorn som aktiverade vid 30°C.

Beslut-och reaktionstid

Denna har valts för en person som antas ta längst tid på sig att utrymma. Personen antas fråga folk i sin omgivning vad som har hänt, gå runt till sina kollegor och varna dem och sedan försöka släcka branden. Dessa aktiviteter uppskattas ta 150s.

Förflyttningstid

Denna har beräknats enligt modellen i Brandskyddshandboken (2002).

$$t_{\text{gång}} = L/v$$

$$t_{\text{dörr}} = N/Bf$$

L = avståndet till utgången

v = personens aktuella gånghastighet

N = antalet personer som ska passera en dörr

B = dörrens bredd

f = det dimensionerande personflödet genom dörren

Avståndet till utgången (L) är för en person i kontoret längst från utrymningsvägen till det stora trapphuset 31,5m. Genomsnittlig normal gånghastighet är 1,3 m/s (Brandskyddshandboken 2002).

$$t_{\text{gång}} = 31,5/1,3 = 25\text{s}$$

Lokalen dimensioneras för 65 personer som fördelas jämnt på två plan, 33 personer på varje. Konservativt antas alla på det aktuella planet välja samma dörr, så antalet personer som ska passera en dörr (N) är 33. Dörrens bredd (B) är 0,8m. Det dimensionerande personflödet genom dörren (f) kan antas utgöra 1 person per meter dörrbredd (Brandskyddshandboken 2002).

$$t_{\text{dörr}} = 33/(0,8*1) = 42\text{s}$$

Utrymningstid

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut \& reaktion}} + t_{\text{gång}} + t_{\text{dörr}} = 161 + 150 + 25 + 42 = 378\text{s} = 6\text{min } 18\text{sek}$$

Tid för utrymning för en person som antas ta längst tid på sig beräknas vara drygt 6 minuter. Inom denna tid får kritiska förhållanden ej uppstå.

Utrymningsberäkning med Simulex

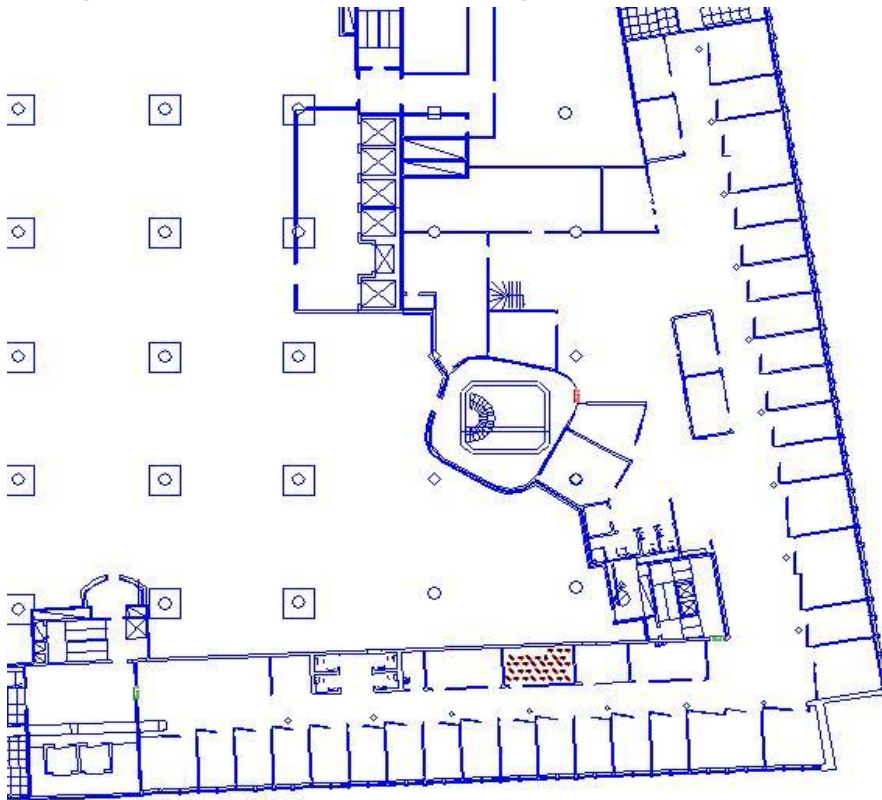
Indata till Simulex

33 personer på varje plan, 3 nödutgångar (trapphuset, utgången vid receptionen, lilla trapphuset i mitten). Office staff, response time = detektionstid + reaktionstid = 210s. Detektion antas ske snabbare än vid handberäkningar. Detektion antas ske efter ca 1 minut vilket bedöms vara rimligare än resultatet erhållet i DetactT2.

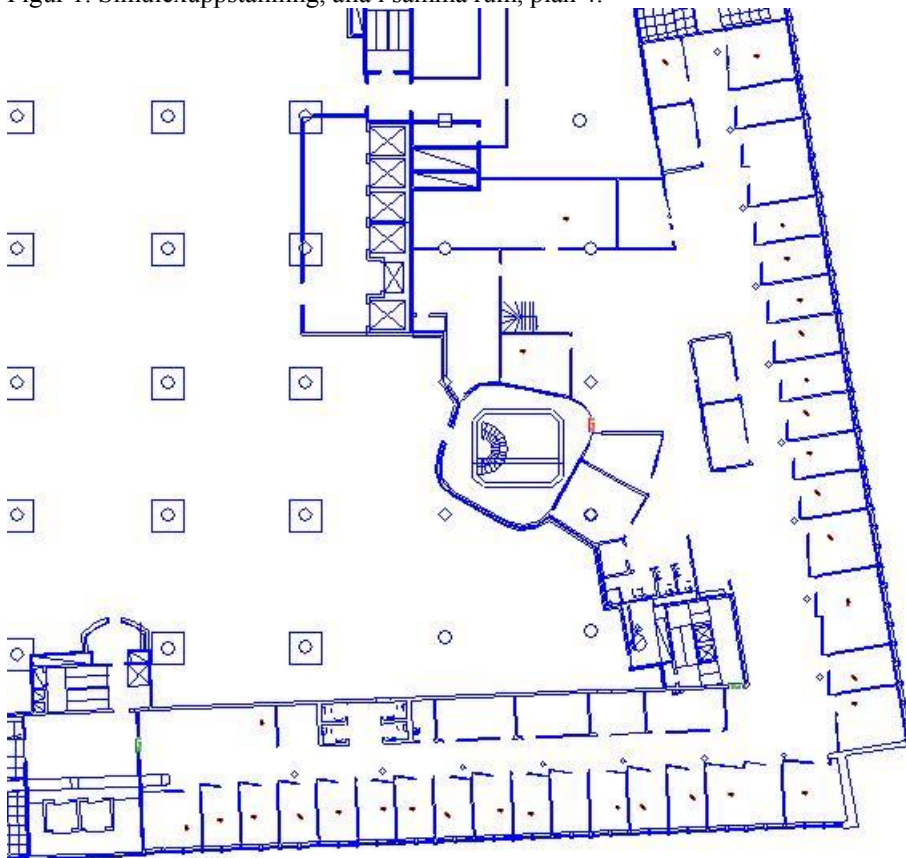
Fall 1: Personer jämnt fördelade på våningsplanet, 3 min 53 sek

Fall 2: Alla placerade i ett mötesrum, 4 min 12 sek

Bilaga 6, Simulexuppställning



Figur 1. Simulexuppställning, alla i samma rum, plan 4.



Figur 2. Simulexuppställning, personer jämnt fördelade.

Bilaga 7, Enkät efter utrymningsövning

Enkät efter utrymningsövning på Univar AB

På flera frågor kan Du välja flera alternativ. Förklara gärna med kompletterande text.

Alla enkäter behandlas anonymt

1. Är du:

- Kvinna
- Man

2. Hur länge har du jobbat på Univar AB i dessa lokaler? _____

3. Markera ungefär var Du befann dig när Du först märkte att Du skulle utrymma. Vilken dörr valde Du? Skriv och markera på bifogad ritning.

4. Då Du förstod att något inte var som det skulle, vad gjorde Du då? Markera det Du gjorde först med en 1:a, det Du gjorde sen med en 2:a osv. Alla alternativen behöver inte numreras.

- fortsatte att jobba
- letade efter en utgång
- talade med någon annan
- letade efter en brandsläckare
- ringde på en telefon
- försökte ta reda på var det brann
- letade efter rök
- gick mot en utgång
- annat _____

5. Hur förstod Du att Du skulle utrymma byggnaden? Kryssa gärna för flera alternativ.

- någon sa till mig
- jag såg att andra utrymde
- jag hörde larmet
- något annat _____

6. Om Du hörde någon signal, hördes det tydligt?

ja

nej

7. Varför gick Du åt det håll Du gjorde? Kryssa gärna för flera alternativ.

jag valde närmaste vägen ut

jag gick dit andra gick

jag gick dit utgångsskyltarna pekade

jag visste sedan innan att där fanns en utgång

annat _____

8. När Du valt väg, ändrade Du Dig för att välja annan väg?

ja

nej

Om ja, varför?

9. Såg Du några markeringar eller skyltar som visade vart Du skulle gå?

ja

nej

10. När Du höll på att utrymma, hur allvarlig trodde Du att situationen var för Din säkerhet?

Markera med kryss på linjen

Ingen fara alls ----- mycket allvarlig

11. Hjälpte Du någon annan att utrymma?

ja

nej

Tack för Din medverkan!

Bilaga 8, Statistik

Univar AB är byggt utan avsteg från BBR (Yndemark 2005). Detta innebär att man följt de föreskrifter som finns och att det då ska motsvara en generell kontorsbyggnad vad avser utrymningsmöjligheter. Utifrån detta har statistik granskats som visar hur många som dött i en kontorsbrand sedan den giltiga BBR utkom. Exakt hur många bränder som inträffar i kontorsbyggnader är mycket svårt att bedöma och hitta källor till. Det är inte säkert att alla bränder i kontor registreras eller anmäls, det är dock troligt att dödsbränder registreras. Detta innebär att det borde vara lättare att ta reda på hur många som har dött p.g.a. brand i kontorsmiljö. Enligt information har en kvinna dött i en kontorsbrand i Sverige år 2000. Hur detta gick till exakt är oklart, men hon jobbade över och befann sig själv på arbetsplatsen. Hon lyckades larma räddningstjänsten själv, men hann inte ut i tid. (Sveriges televisions hemsida 2005)

Enligt tabellen nedan framgår att 3 personer skulle ha dött i kategorin förvaltn.byggn./kontor mellan 2000-2004. Eftersom samma kategori täcker in både förvaltningsbyggnader och kontor går det inte att dra några slutsatser om antalet döda i enbart kontor.

Antal döda, brand i byggnad per objektstyp, 2000-2004, riket

Objektstyp	Antal döda 2004	Antal döda 2000-2004	Medelvärde antal döda 2000-2004
Flerbostadshus	22	200	40
Villa	21	213	43
Rad-/par-/kedjehus	5	19	4
Fritidshus	2	22	4
Äldreboende	1	30	6
<i>Delsumma bostäder</i>	<i>51</i>	<i>484</i>	<i>97</i>
Sjukhus	-	1	0
Psykiatrisk vård	-	2	0
Övrig vårdbyggnad	1	4	1
Restaurang/danslokal	-	1	0
Hotell/pensionat	2	3	1
Förvaltn.byggn./kontor	-	3	1
Metall-/maskinindustri	1	3	1
Lager	-	2	0
Reparationsverkstad	-	2	0
Lantbruk, ej bostad	-	1	0
Rivningshus	1	2	0
Annat	-	11	2
Ej angivet	-	3	1
Totalt	56	522	104

(Räddningsverkets hemsida 2005)

Förutom att granska antalet döda i kontorsbränder, är även information om vilka användningskällor som legat till grund för s.k. storbränder intressant. Nedanstående diagram visar orsakerna till de storbränder som skett i Sverige den senaste tioårsperioden.

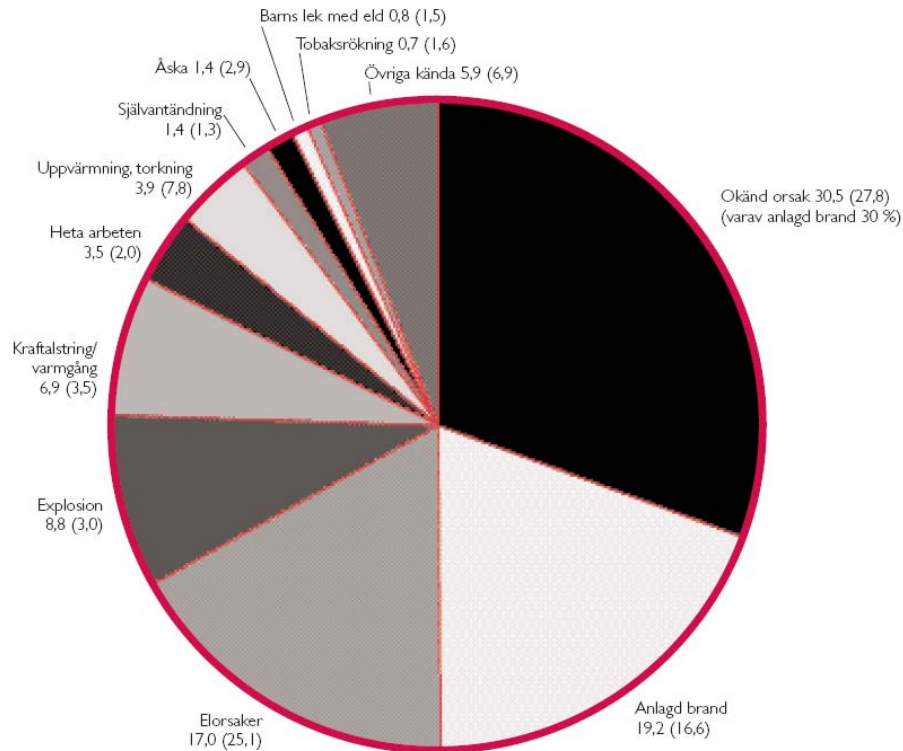


Fig 7: 10 års storskador (1995–2004) cirka 1600 stycken till en sammanlagd kostnad av cirka 9,5 miljarder kronor. Brandorsakerna i procent fördelade efter kostnader (inom parentes efter antal).

(Brandsäckerts hemsida 2005)

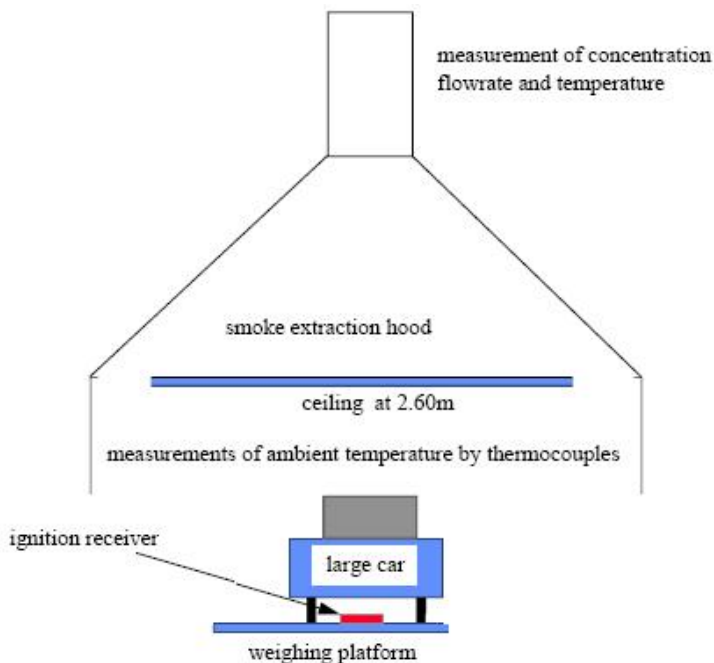
Eftersom det krävs en kraftig effektutveckling för att kritiska förhållanden för utrymning skall uppstå i objektet, är dessa antändningskällor intressanta, dvs. det bör kräva en storbrand för att personsäkerheten skall påverkas.

Det finns många osäkerheter i de slutsatser man kan dra av denna statistik, dock kan man säga att risken för att omkomma i kontorsbrand är mycket liten.

Bilaga 9, Försök, Centre Technique Industriel de la Construction Metallique (CTICM)

Försök utfördes av Centre Technique Industriel de la Construction Metallique (CTICM) som en del av ett europeiskt projekt för att ta fram dimensioneringsregler för stålkonstruktioner utsatta för en brand i ett slutet parkeringsgarage. Målet med försöken var framförallt att få fram realistiska effektutvecklingar för slutna garage och att undersöka om det finns risk för spridning av brand mellan bilar.

Det försök som används i denna rapport är nummer sju. I det försöket har en bil med massan 1303 kg eldats. Bilen är utrustad för att testet skall vara så realistiskt som möjligt. Olja är uppfyllt, bensintanken är full till 2/3 och bilen har fyra däck och ett reservhjul. Bilen antändes genom antändning i ett fat med 1,5 l bensin placerat under bilen.



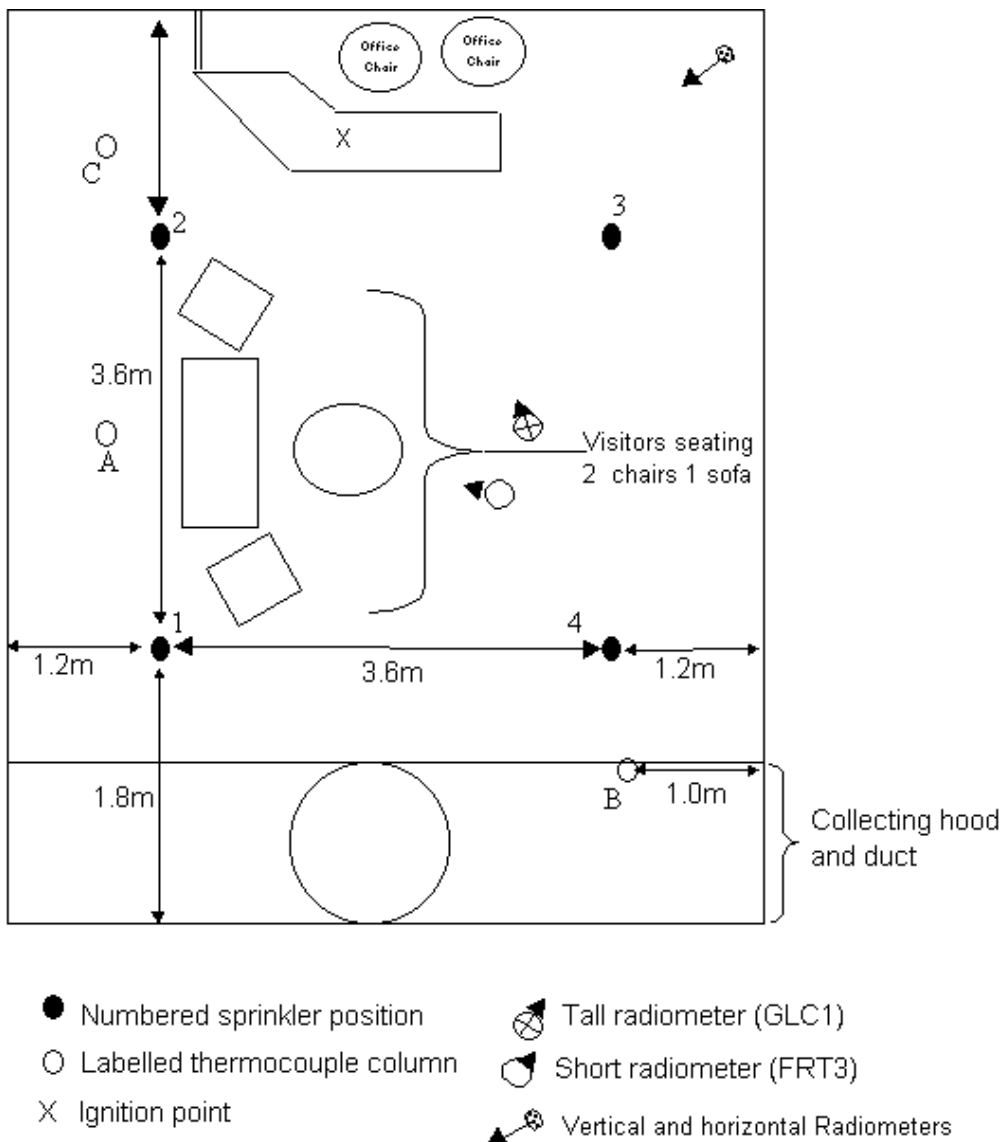
Figur 1. Försöksupställningen (Joyeux, 1997)

För att undersöka om en bilbrand kan förväntas sprida sig till omkringliggande bilar placerades bildäck ut på olika avstånd från den brinnande bilen. Tiden till antändning mättes.

Bilaga 10, Försök, Building Research Establishment Ltd (BRE)

Försök utfördes av Fire and Risk Sciences (FRS) på Building Research Establishment Ltd (BRE) på uppdrag av den brittiska regeringens avdelning för Transport, Local government and the regions under en period på fyra år. Projektets mål var att få fram kvantitativa data från ett antal realistiska design bränder i avsikt att denna data sedan skulle kunna användas av brandingenjörer m.fl. vid design av brandsäkerhetssystem.

Det försök som använts i denna rapport heter ”reception area” och ska vara ett typexempel på vad som skulle kunna finnas i en reception på 10 m². Brandbelastningen bestod av dator, TV monitor, videospelare, videokassetter, papper, telefoner, soffa samt bord och stolar. (BREs hemsida 2005)



Figur 1. Försöksupställningen (BREs hemsida 2005).



Figur 2. Bild på försöksupställning före samt under test (BREs hemsida 2005)

Bilaga 11, Försöksuppställning från NIST

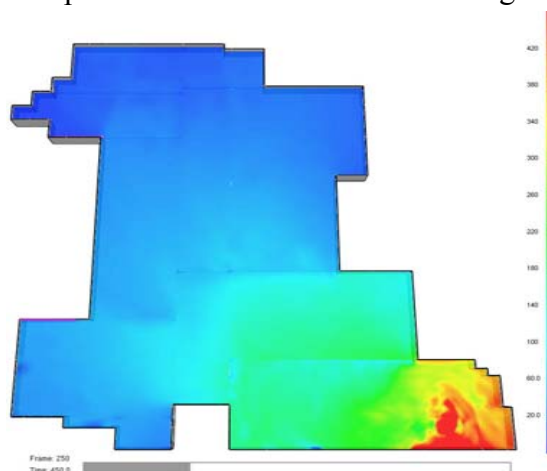
Detta försök utfördes på BFRL, building and fire research laboratory, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg MD under 1991. Brandbelastningen består av tre träpaneler, skrivbord, hylla, stol, diverse papper samt en dator. (NISTs hemsida 2005)



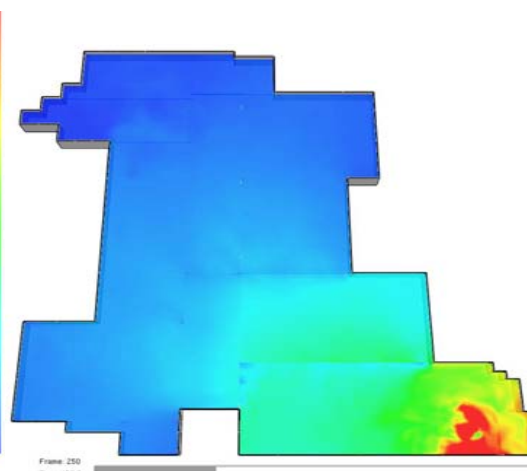
Figur 1. Bilder från försök vid NIST.

Bilaga 12, Resultat garagesimulering

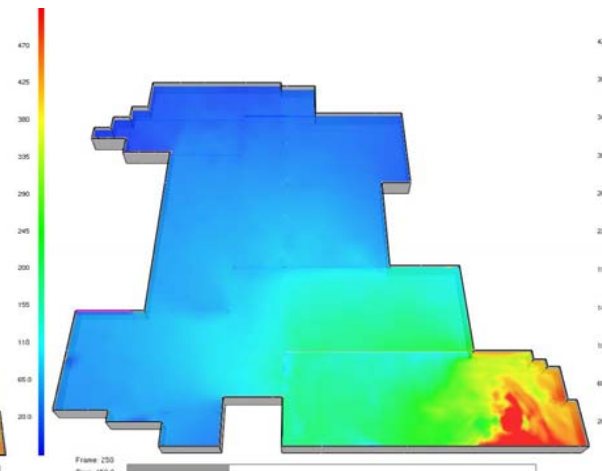
Temperaturskalan för dessa tre försök går från 0 till 470°C



Figur 1. En bil, tilluft och frånluft efter 7,5 min simulering.

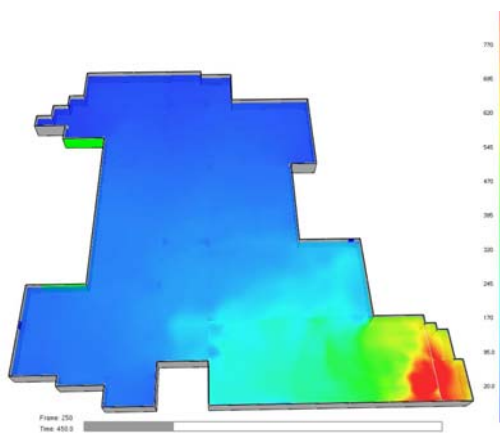


Figur 2. En bil, endast frånluft efter 7,5 min simulering.

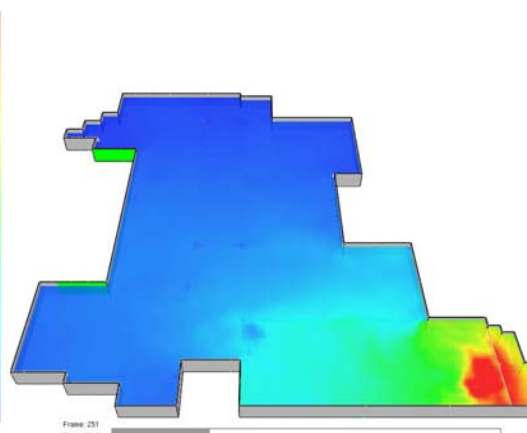


Figur 3. En bil, endast tilluft efter 7,5 min simulering.

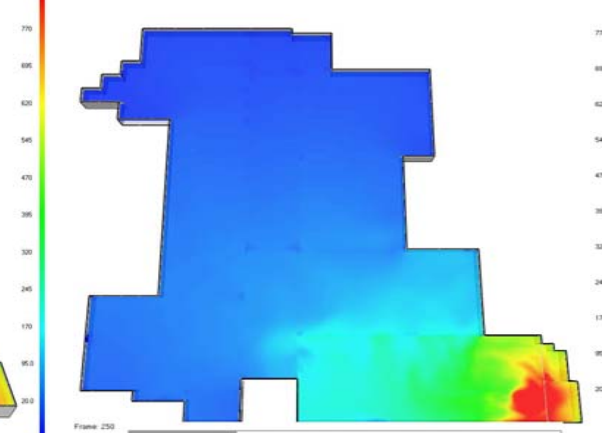
Temperaturskalan för dessa tre försök går från 0 till 770°C



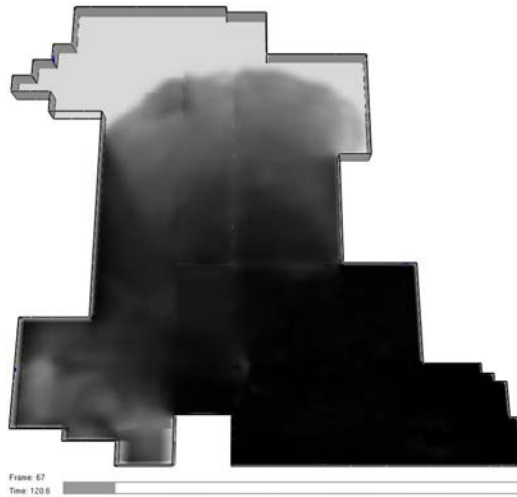
Figur 4. Två bilar, tilluft och frånluft efter 7,5 min simulering.



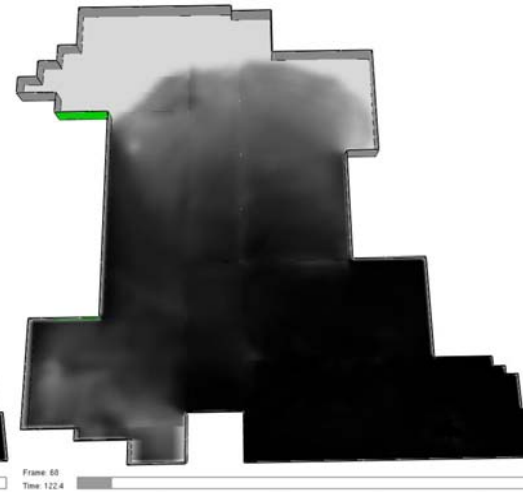
Figur 5. Två bilar, endast frånluft efter 7,5 min simulering.



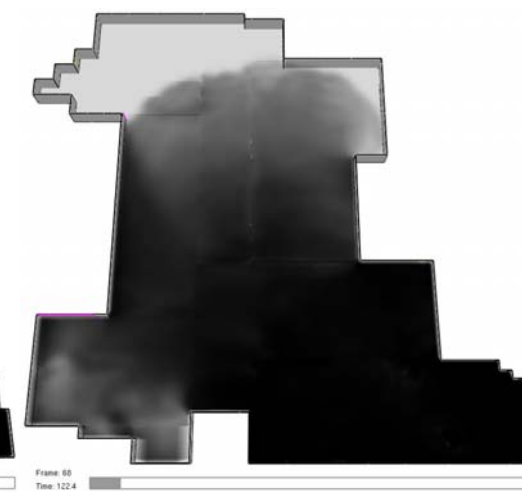
Figur 6. Två bilar, ingen ventilation efter 7,5 min simulering.



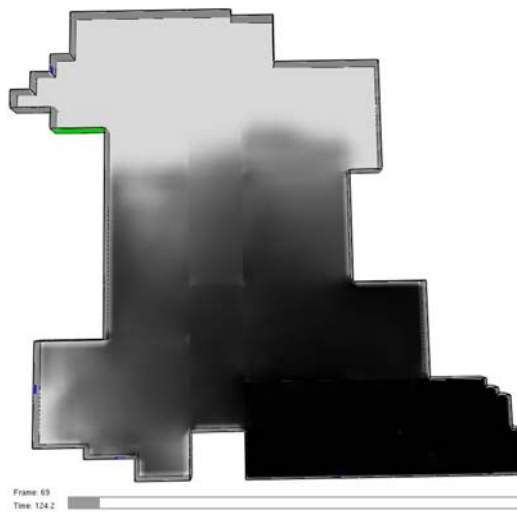
Figur 7. En bil, tilluft och frånluft efter 2 min simulering.



Figur 8. En bil, endast frånluft efter 2 min simulering.



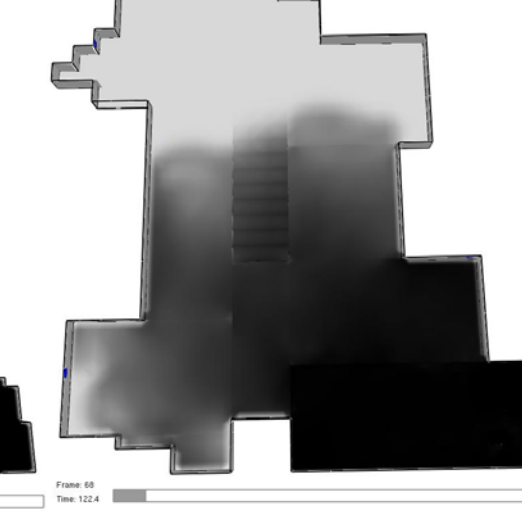
Figur 9. En bil, endast tilluft efter 2 min simulering.



Figur 10. Två bilar, tilluft och frånluft efter 2 min simulering.

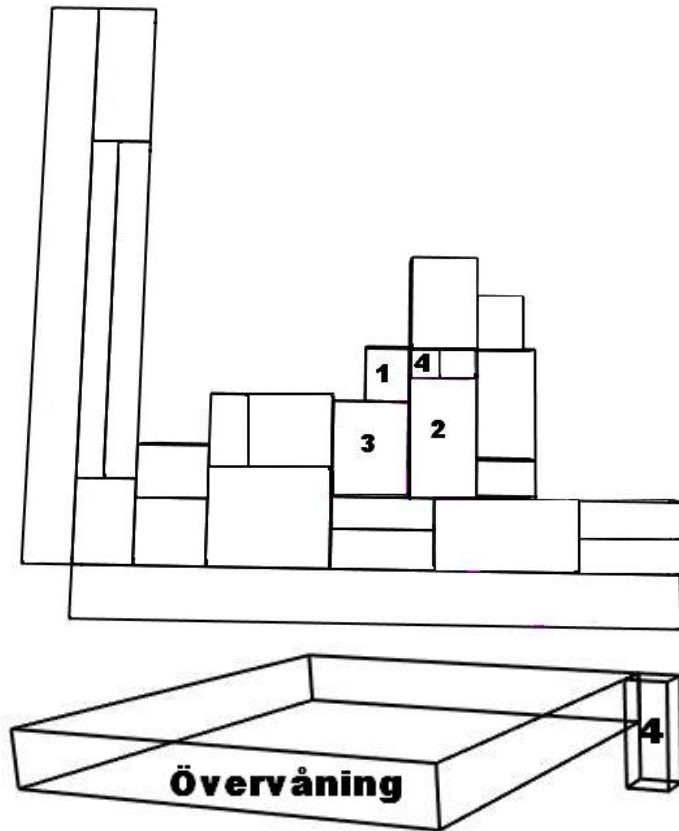


Figur 11. Två bilar, endast frånluft efter 2 min simulering.

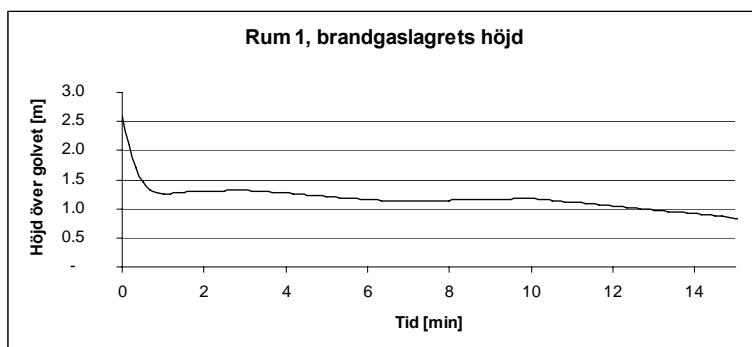
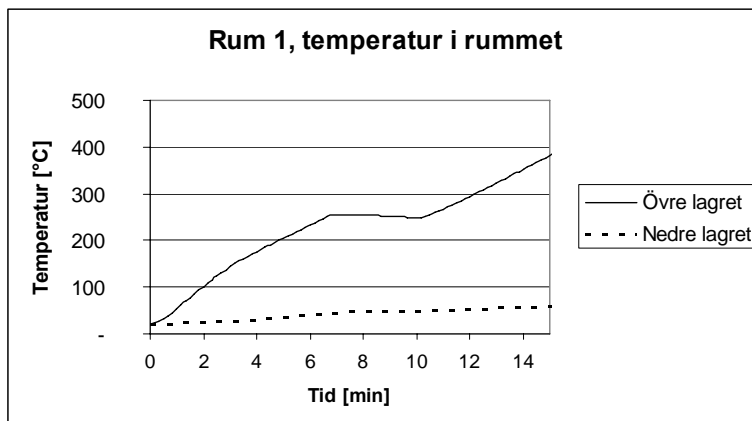


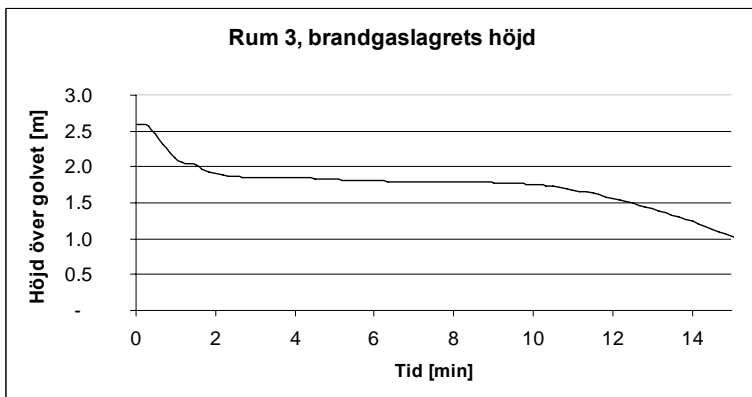
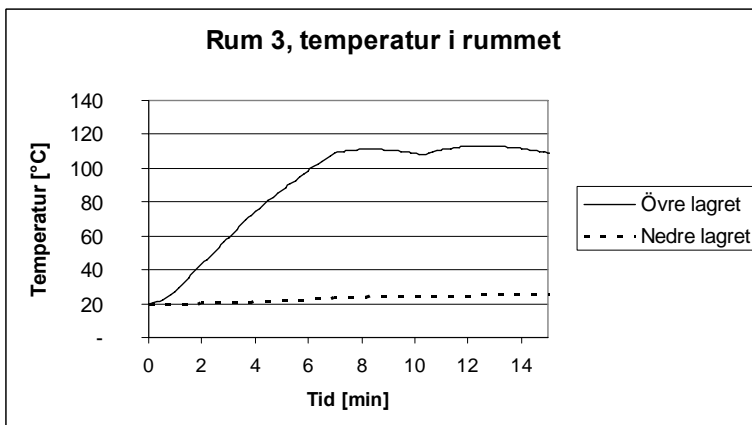
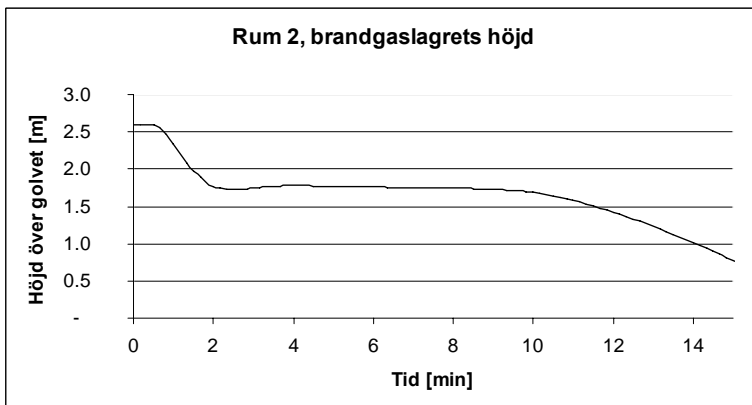
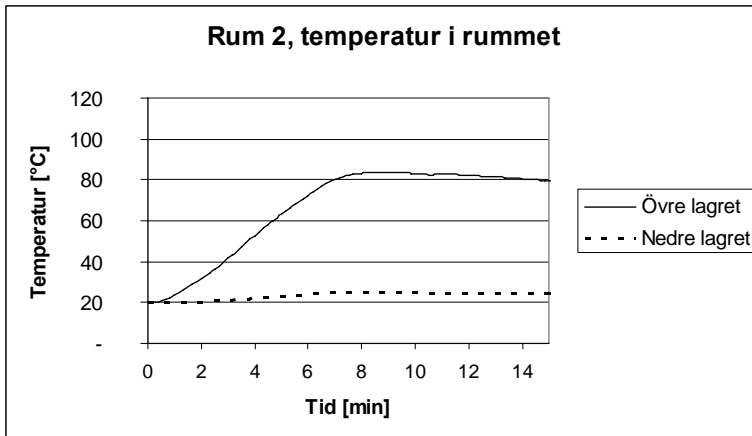
Figur 12. Två bilar, ingen ventilation efter 2 min simulering.

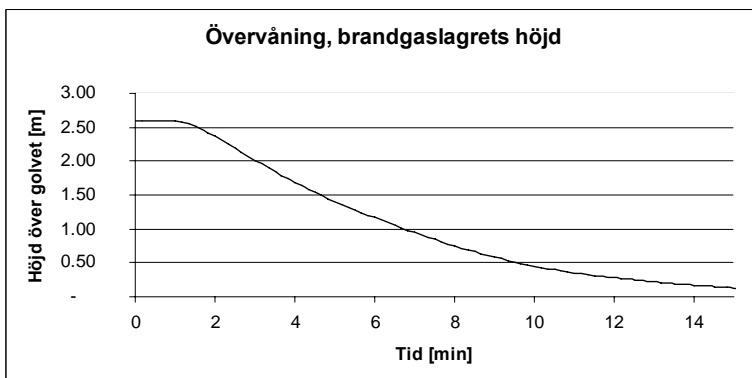
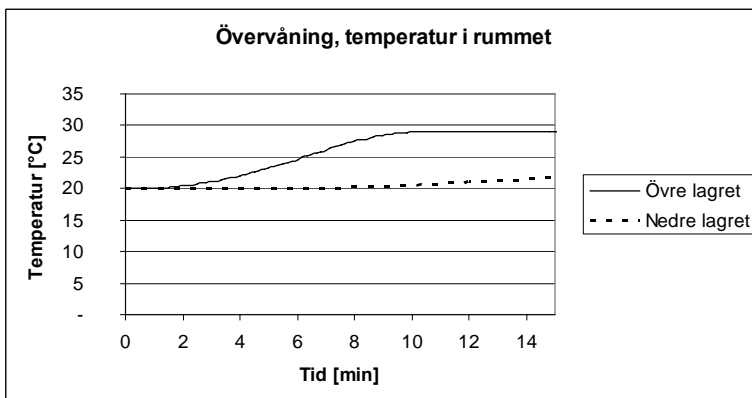
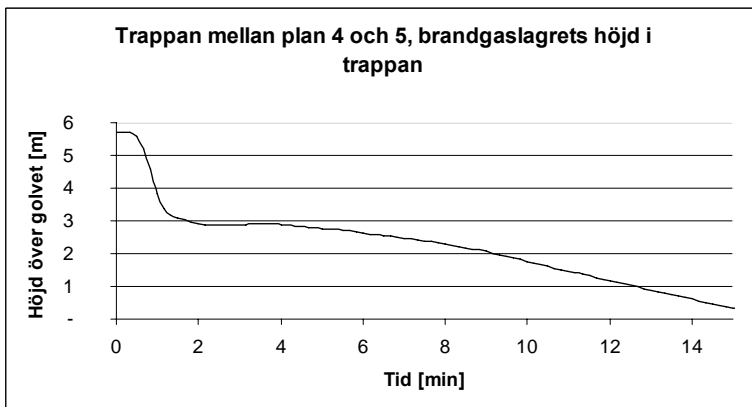
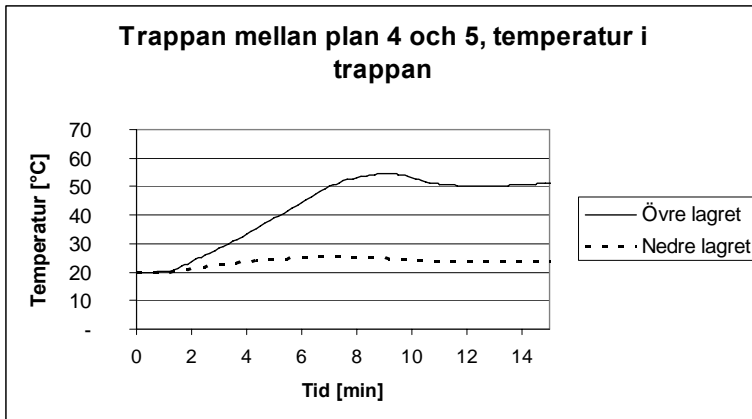
Bilaga 13, CFAST-simulering, brand i kontor plan 4, dörr öppen



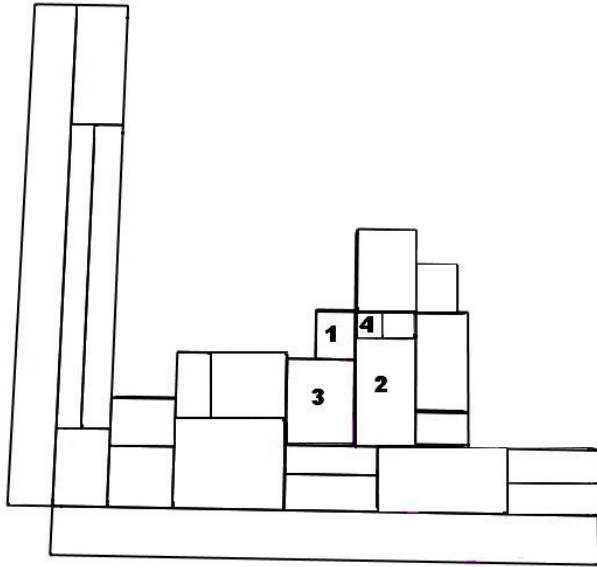
Figur 1. Översikt, rumsgemetri i CFAST. Branden är i rum 1.



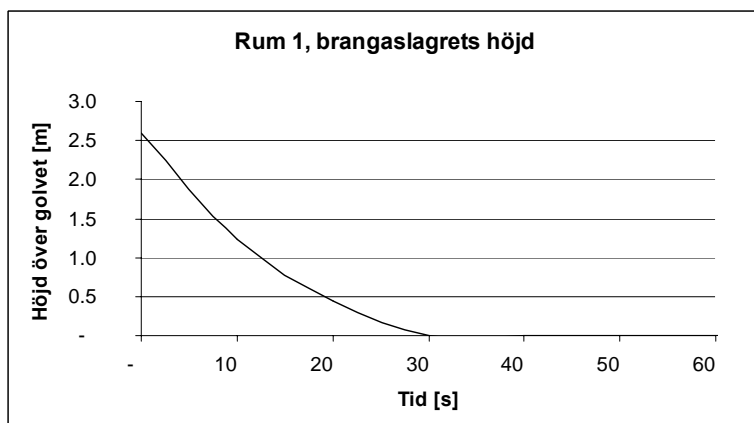
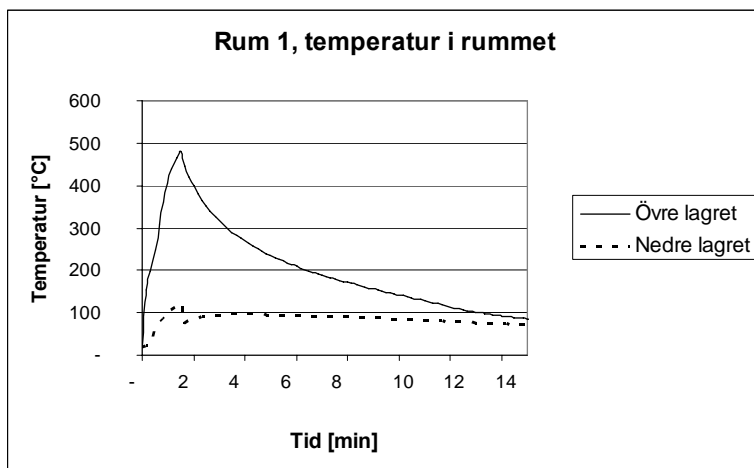


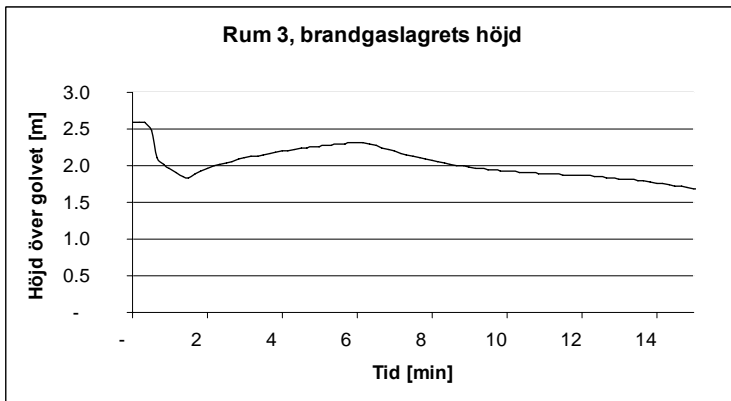
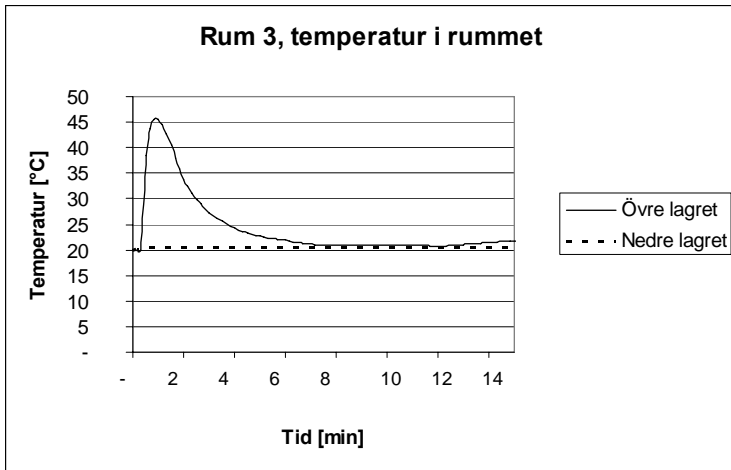


Bilaga 14, CFAST-simulering, brand i kontor plan 4, dörr stängd

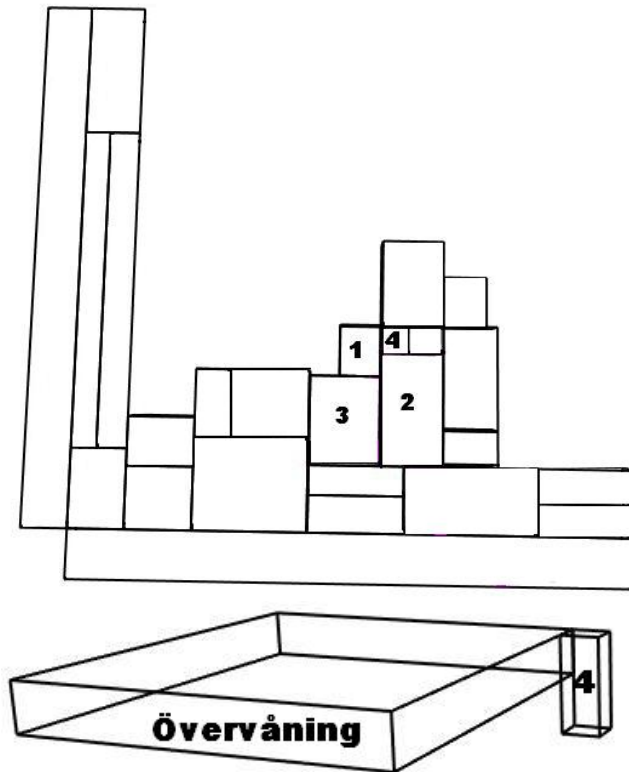


Figur 1. Översikt, rumsgeometri i CFAST. Branden är i rum 1.

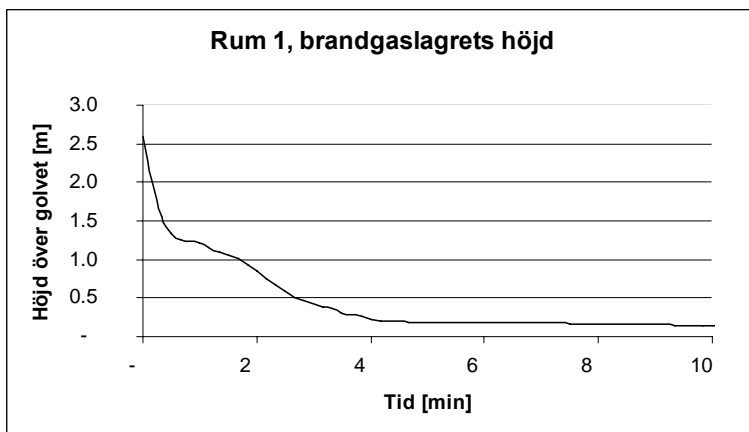
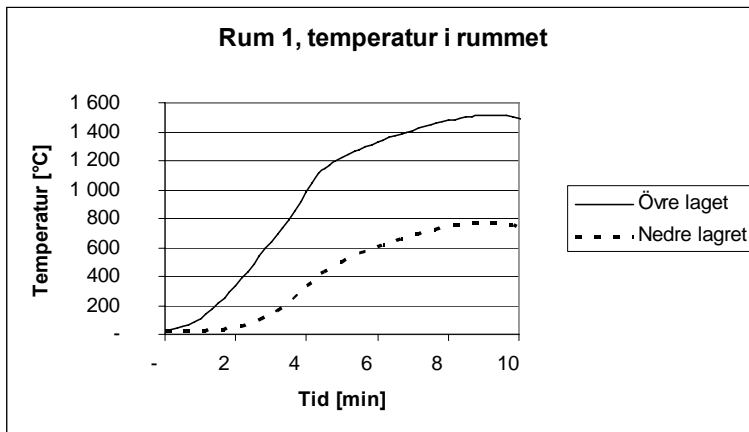


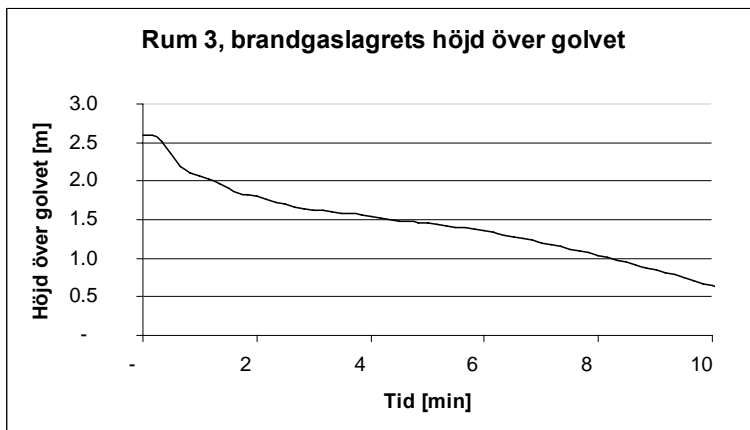
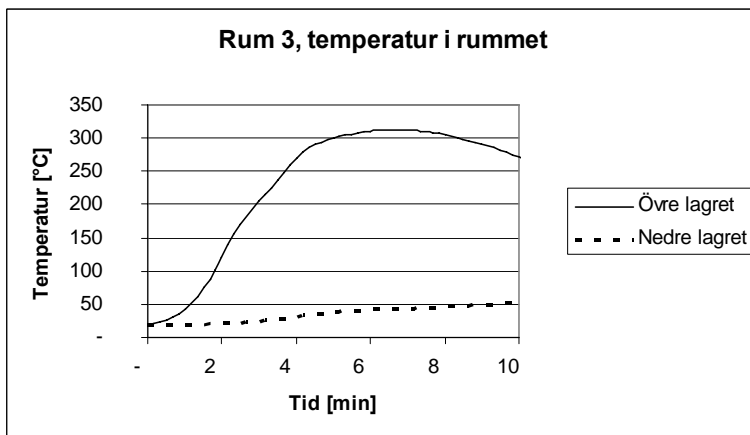
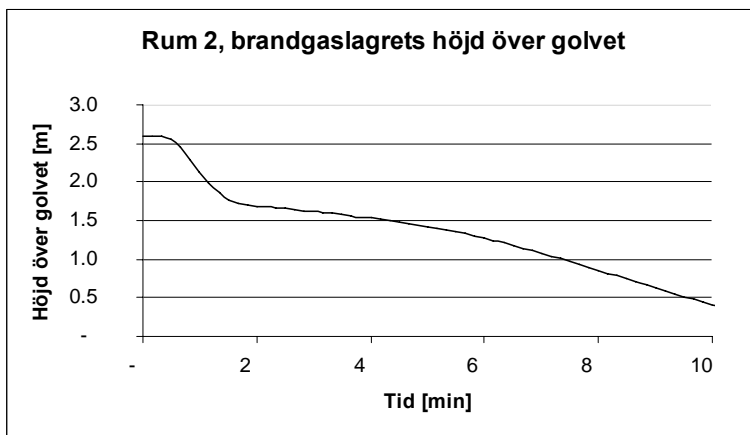
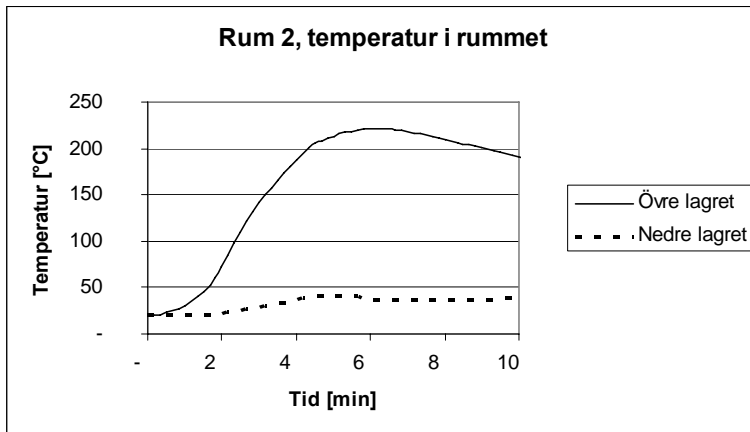


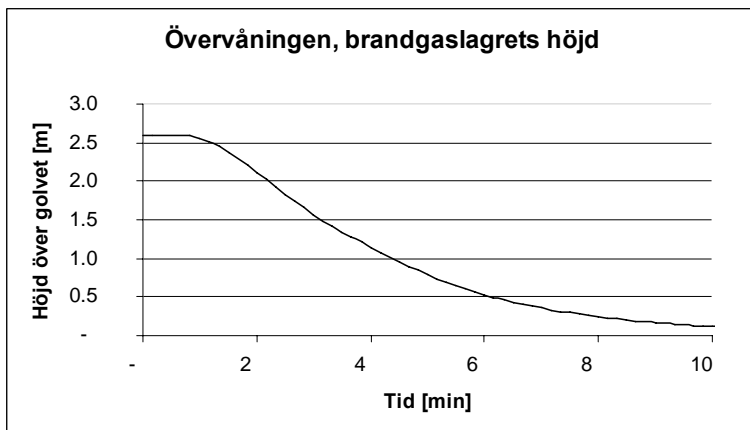
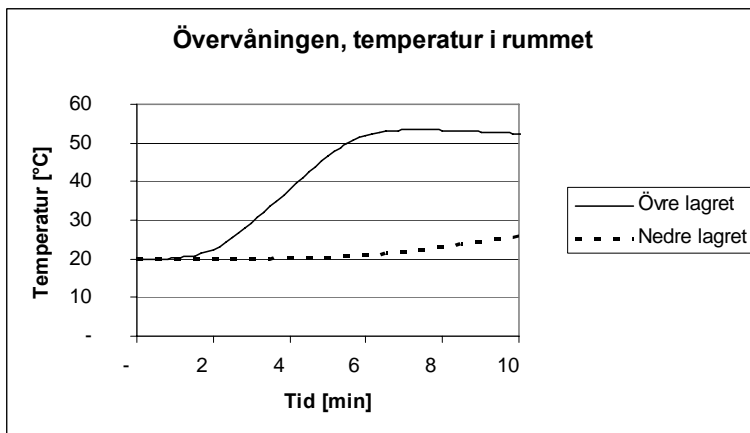
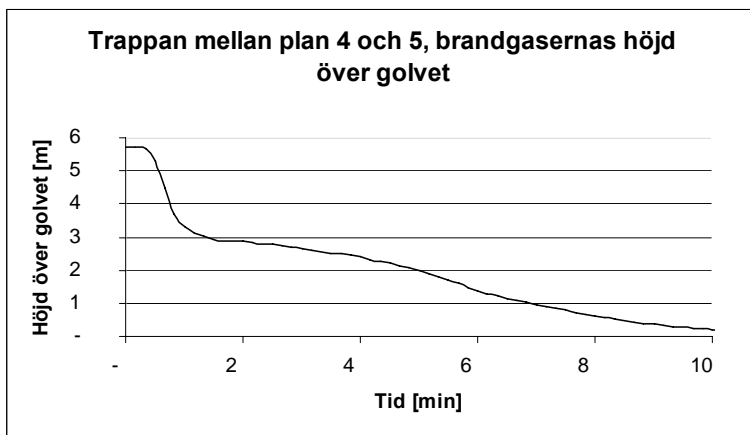
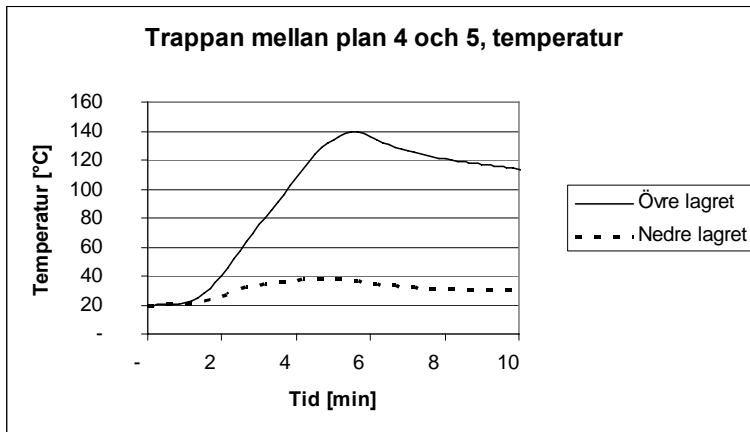
Bilaga 15, CFAST-simulering, brand i kontor plan 4, αt^2 -kurva



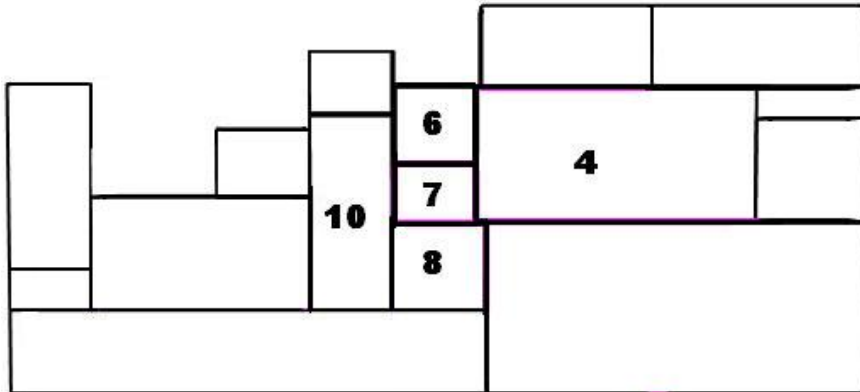
Figur 1. Översikt, rumsgometri i CFAST. Branden är i rum 1.



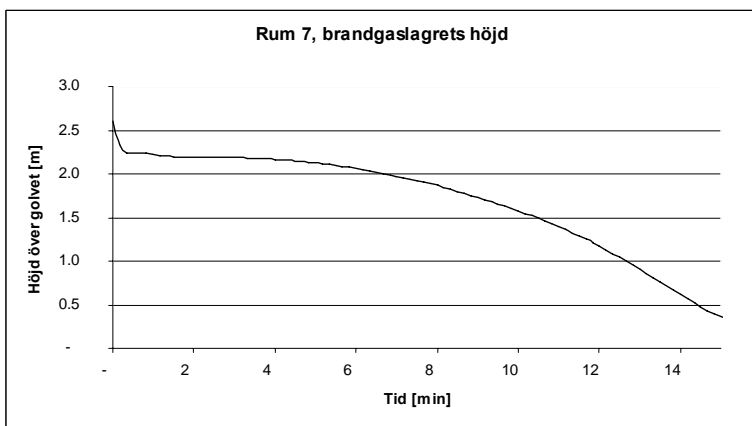
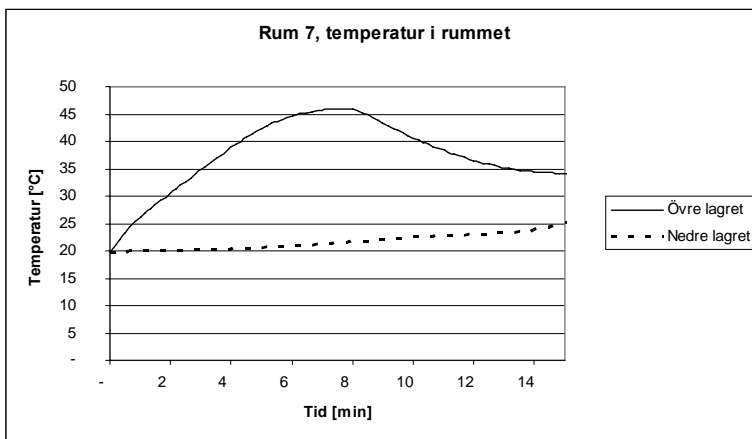




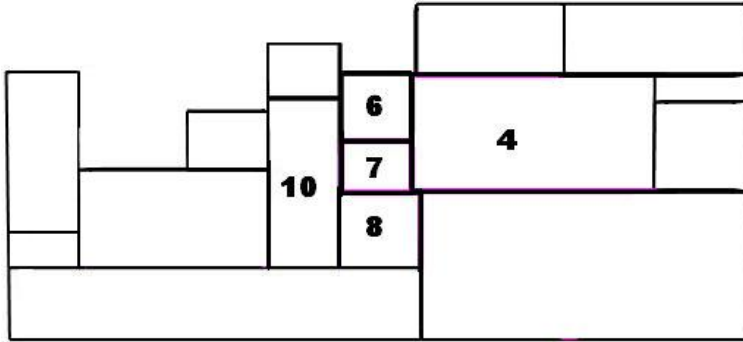
Bilaga 16, CFAST-simulering, brand i skrivarutrymme plan 5, skrivarbrand



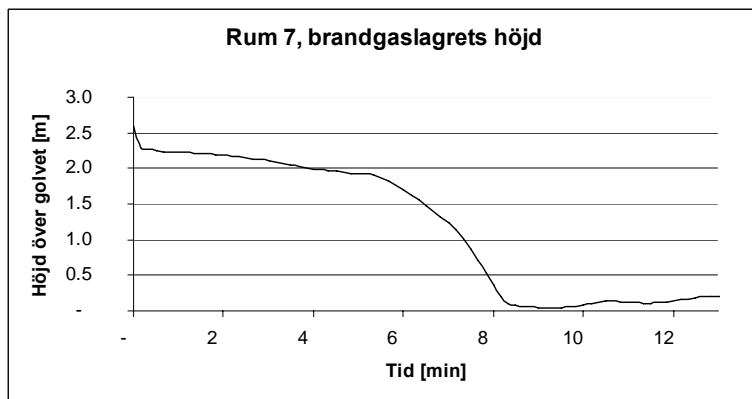
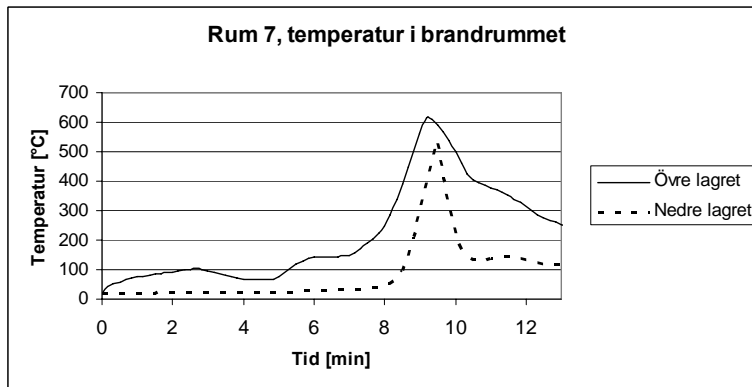
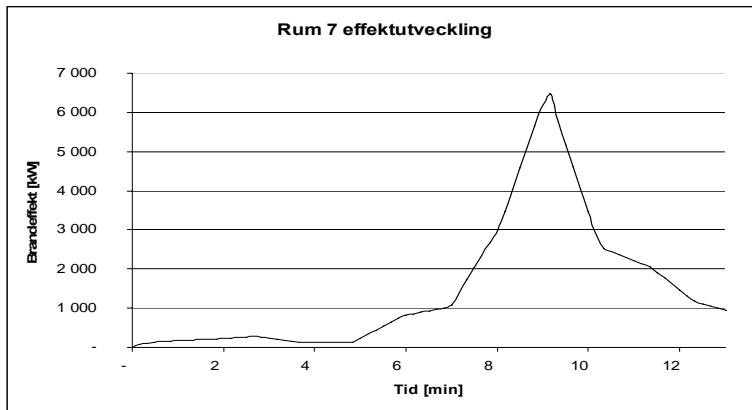
Figur 1. Översikt, rumsgeometri i CFAST. Branden är i rum 7.

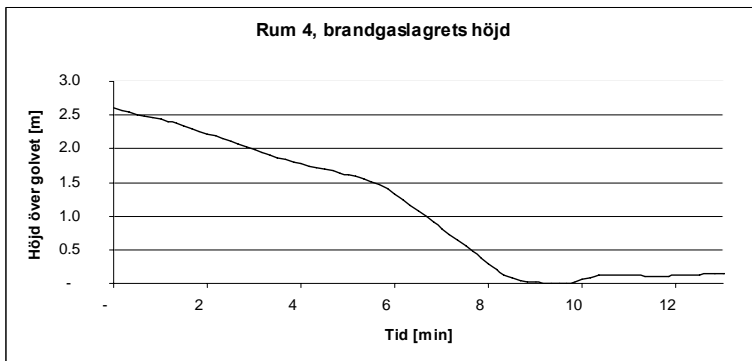
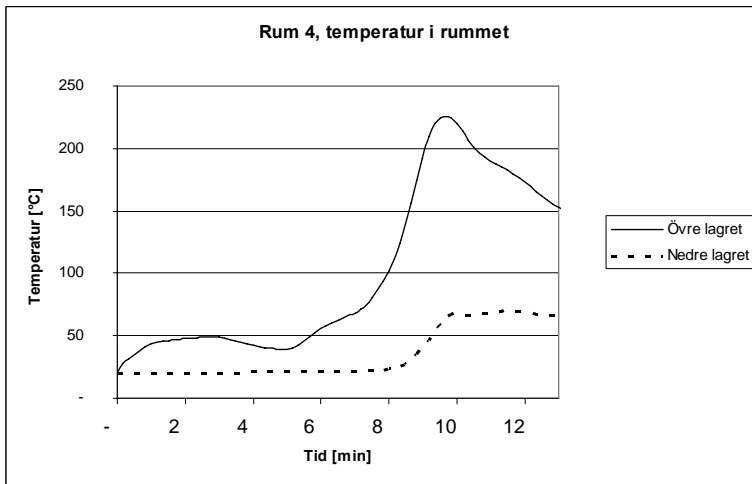
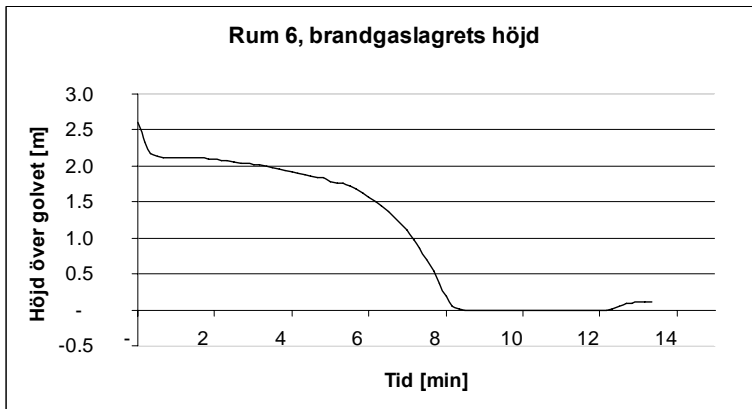
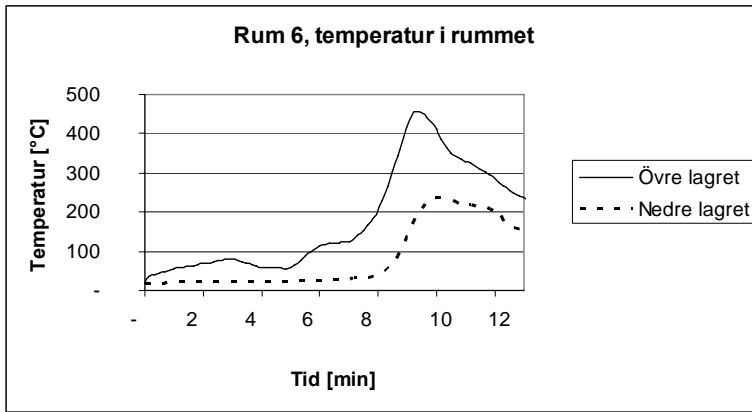


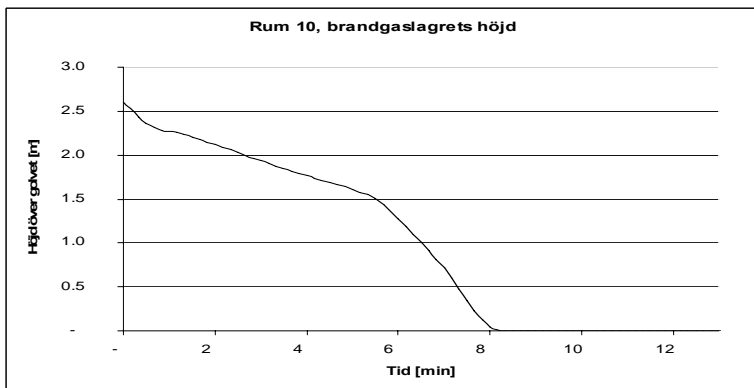
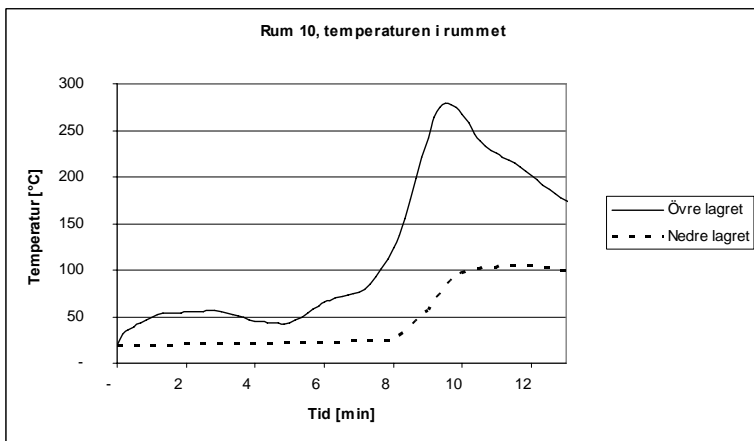
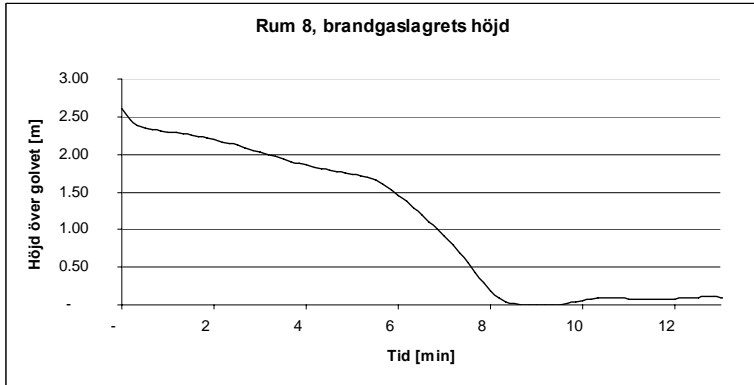
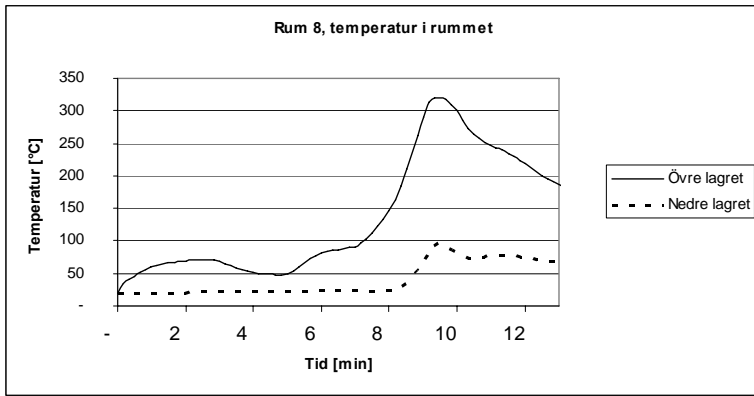
Bilaga 17, CFAST-simulering, brand i skrivarutrymme plan 5, Workstation brand



Figur 1. Översikt, rumsgeometri i CFAST. Branden är i rum 7.







Bilaga 18, Indata till CFAST

Kontorsbrand våning 4

CFAST File: Vån4riktig.in
VERSN,6,CFAST Simulation

!!

!!Environmental Keywords

!!

TIMES,3600,-50,0,10,10

EAMB,293.15,101300,0

TAMB,293.15,101300,0,50

LIMO2,10

WIND,0,10,0.16

CJET,WALLS

!!

!!Compartment keywords

!!

COMPA,Compartment 1,4.25,3.5,2.6,27.05,25.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 2,9.4,5.1,2.6,29.2,29.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 3,7.3,6,2.6,31.3,23.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 4,2.3,1.9,5.7,27.05,29.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 5,2.3,3.3,2.6,27.05,31.1,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 6,2.4,8.1,2.6,38.6,23.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 7,4,46,2.6,44,3.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 8,5.6,6.7,2.6,30.9,16.6,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 9,5.6,2.7,2.6,30.9,13.9,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 10,7.5,9.4,2.6,36.5,13.9,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 11,5.1,5.5,2.6,38.9,8.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 12,4,5.5,2.6,34.9,8.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 13,26.5,2.5,2.6,11,5.9,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 14,44,3.8,2.6,0,0,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 15,11,4.6,2.6,0,3.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 16,7.1,5.1,2.6,19.95,29.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 17,8.6,4.5,2.6,27.05,34.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 18,3.1,4.5,2.6,35.65,34.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 19,5.4,10.8,2.6,38.6,31.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 20,2.8,7.8,2.6,38.6,42.2,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 21,6.5,4.6,2.6,37.5,3.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 22,26.5,2.1,2.6,11,3.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 23,20,20,2.6,29.35,29.3,3.1,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 24,2.6,7.8,2.6,41.4,42.2,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 25,4.1,3.6,2.6,22.95,34.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 27,3,8.1,2.6,41,23.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,1,3,1,0.8,2.2,0,1,2.7,0,2,1

HVENT,2,3,1,7.3,2.6,0,1,1.95,0,1,1

Page 1 of 2

CFAST File: Vån4riktig.in

HVENT,4,2,1,1.9,2.6,0,1,0,0,4,1

HVENT,4,23,1,1.9,5.7,3.1,1,0,0,2,1

HVENT,2,5,1,3.3,2.6,0,1,1.9,0,4,1

HVENT,2,19,1,3,2,0,1,2.1,0,2,1

HVENT,3,10,1,1.7,2,0,1,5.6,0,1,1

HVENT,19,7,1,1,2,0,1,30,0,4,1

HVENT,7,27,1,0.8,2,1.2,1,35,0,2,1

HVENT,3,6,1,6,6,0,1,0,0,2,1

HVENT,6,26,1,8,2,0,1,0,0,2,1

!!

!!fire keywords

!!

OBJECT,Reception area,1,2.125,1.75,0,1,1,0,0,0,1

!!

!!target and detector keywords

!!

DETECT,1,3,347.04,3,3.5,2.6,100,0,7E-05

Page 2 of 2

Brand i skrivare våning 5

CFAST File: vån 5liten.in

VERSN,6,CFAST Simulation

!!

!!Environmental Keywords

!!

TIMES,2100,-50,0,10,10

EAMB,293,101300,0

TAMB,293,101300,0,50

LIMO2,10

WIND,0,10,0

CJET,WALLS

!!

!!Compartment keywords

!!

COMPA,Compartment 1,8.8,19.4,2.6,0,0,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 2,5.4,4.9,2.6,8.8,0,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 3,4.1,11,2.6,15.8,0,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 4,7,15,2.6,8.8,4.9,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 5,4.1,8.7,2.6,15.8,11,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 6,4.1,4.2,2.6,11.8,20,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 7,3.2,4.2,2.6,8.7,20,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 8,4.4,4.9,2.6,4.3,19.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPA,Compartment 9,4.3,24.6,2.6,0,19.4,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

COMPACT,Compartment 10,10.1,4.5,2.6,4.3,24.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM
COMPACT,Compartment 11,3.4,4.5,2.6,14.4,24.3,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM
COMPACT,Compartment 12,3.5,4.5,2.6,10.1,28.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM
COMPACT,Compartment 13,5.8,11,2.6,4.3,28.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM
COMPACT,Compartment 14,2.1,4.2,2.6,4.3,39.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM
COMPACT,Compartment 15,9.5,4.2,2.6,6.4,39.8,0,GYPSUM,HARDWOOD,GYPSUM

!!

!!vent keywords

!!

HVENT,7,8,1,4.2,2.6,0,1,0,0,4,1
HVENT,4,7,1,3.2,2.6,0,1,0,0,3,1
HVENT,7,6,1,4.2,2.6,0,1,0,0,4,1
HVENT,10,7,1,3.2,2.6,0,1,0,0,3,1
HVENT,5,4,1,8.7,2.6,0,1,6.1,0,2,1
HVENT,4,1,1,14.5,2.6,0,1,4.9,0,2,1
HVENT,8,1,1,4.4,2.6,0,1,4.3,0,3,1
HVENT,8,10,1,4.4,2.6,0,1,0,0,3,1
HVENT,10,13,1,5.8,2.6,0,1,0,0,3,1
HVENT,13,14,1,2.1,2.6,0,1,0,0,3,1
HVENT,1,16,1,1,2.2,1.2,1,10,0,4,1
HVENT,10,13,2,5.8,2.6,0,1,0,0,3,1

!!

Page 1 of 2

CFAST File: vån 5liten.in

!!fire keywords

!!

OBJECT,DeskJet,7,1.6,2.1,0,1,1,0,0,0,1

Page 2 of 2

Bilaga 19, Indata till FDS

```

&HEAD CHID='Garage', TITLE='Garage plan 4 Arkaden'

&GRID IBAR=54, JBAR=144, KBAR=12, /
&PDIM XBAR=11.0, YBAR0=3.67, YBAR=31.8, ZBAR=2.4 / pdim 1
&GRID IBAR=18, JBAR=12, KBAR=8, /
&PDIM XBAR=5.10, YBAR=3.67, ZBAR=2.4 / pdim 2
&GRID IBAR=12, JBAR=5, KBAR=8, /
&PDIM XBAR0=5.10, XBAR=9.0, YBAR0=0.97, YBAR= 2.32, ZBAR=2.4 / pdim 3
&GRID IBAR=16, JBAR=5, KBAR=8, /
&PDIM XBAR0=5.10, XBAR=9.9, YBAR0=2.32, YBAR= 3.67, ZBAR=2.4 / pdim 4
&GRID IBAR=45, JBAR=3, KBAR=6, /
&PDIM XBAR0=5.4, XBAR=22.6, YBAR0=31.8, YBAR= 38.2, ZBAR=2.4 / pdim 5
&GRID IBAR=30, JBAR=54, KBAR=6, /
&PDIM XBAR0=11.0, XBAR=22.6, YBAR0=10.2, YBAR= 31.8, ZBAR=2.4 / pdim 6
&GRID IBAR=24, JBAR=24, KBAR=4, /
&PDIM XBAR0=22.6, XBAR=36.1, YBAR0=18.8, YBAR= 31.8, ZBAR=2.4 / pdim 7
&GRID IBAR=24, JBAR=27, KBAR=4, /
&PDIM XBAR0=36.1, XBAR=49.7, YBAR0=14.9, YBAR= 31.8, ZBAR=2.4 / pdim 8
&GRID IBAR=8, JBAR=4, KBAR=5, /
&PDIM XBAR=3.9, YBAR0=38.2, YBAR= 44.5, ZBAR=2.4 / pdim 9
&GRID IBAR=3, JBAR=12, KBAR=5, /
&PDIM XBAR0=2.6, XBAR=3.9, YBAR0=44.5, YBAR= 50.4, ZBAR=2.4 / pdim 10
&GRID IBAR=24, JBAR=36, KBAR=5, /
&PDIM XBAR0=3.9, XBAR=16.2, YBAR0=38.2, YBAR= 56.3, ZBAR=2.4 / pdim 11
&GRID IBAR=50, JBAR=20, KBAR=5, /
&PDIM XBAR0=16.2, XBAR=41.8, YBAR0=38.2, YBAR= 48.2, ZBAR=2.4 / pdim 12
&GRID IBAR=5, JBAR=27, KBAR=4, /
&PDIM XBAR0=41.8, XBAR=44.5, YBAR0=38.2, YBAR= 54.8, ZBAR=2.4 / pdim 13
&GRID IBAR=4, JBAR=36, KBAR=4, /
&PDIM XBAR0=44.5, XBAR=46.7, YBAR0=38.2, YBAR= 59.7, ZBAR=2.4 / pdim 14
&GRID IBAR=4, JBAR=32, KBAR=4, /
&PDIM XBAR0=46.7, XBAR=48.9, YBAR0=38.2, YBAR= 57.3, ZBAR=2.4 / pdim 15
&GRID IBAR=3, JBAR=20, KBAR=3, /
&PDIM XBAR0=48.9, XBAR=51.1, YBAR0=38.2, YBAR= 54.9, ZBAR=2.4 / pdim 16
&GRID IBAR=6, JBAR=18, KBAR=3, /
&PDIM XBAR0=51.1, XBAR=56.5, YBAR0=38.2, YBAR= 52.5, ZBAR=2.4 / pdim 17
&GRID IBAR=8, JBAR=6, KBAR=3, /
&PDIM XBAR0=49.7, XBAR=56.5, YBAR0=32.8, YBAR= 38.2, ZBAR=2.4 / pdim 18
&GRID IBAR=8, JBAR=6, KBAR=3, /
&PDIM XBAR0=49.7, XBAR=55.7, YBAR0=27.6, YBAR= 32.8, ZBAR=2.4 / pdim 19
&GRID IBAR=54, JBAR=12, KBAR=5, /
&PDIM XBAR0=22.6, XBAR=49.7, YBAR0=31.8, YBAR=38.2, ZBAR=2.4 / pdim 20

&TIME TWFIN=1800.0 /

&MISC SURF_DEFAULT='CONCRETE',
      DATABASE='d:\program\nist\fds\database4\database4.data'

```

REACTION='POLYURETHANE' /

&OBST XB=0.00, 0.00, 0.00, 31.8, 0.00, 2.40 / Wall 1
&OBST XB=0.00, 5.10, 0.00, 0.00, 0.00, 2.40 / Wall 2
&OBST XB=5.10, 5.10, 0.00, 0.97, 0.00, 2.40 / Wall 3
&OBST XB=5.10, 9.00, 0.97, 0.97, 0.00, 2.40 / Wall 4
&OBST XB=9.00, 9.00, 0.97, 2.32, 0.00, 2.40 / Wall 5
&OBST XB=9.00, 9.90, 2.32, 2.32, 0.00, 2.40 / Wall 6
&OBST XB=9.90, 9.90, 2.32, 3.67, 0.00, 2.40 / Wall 7
&OBST XB=9.90, 11.0, 3.67, 3.67, 0.00, 2.40 / Wall 8
&OBST XB=11.0, 11.0, 3.67, 10.2, 0.00, 2.40 / Wall 9
&OBST XB=11.0, 22.6, 10.2, 10.2, 0.00, 2.40 / Wall 10
&OBST XB=22.6, 22.6, 10.2, 18.8, 0.00, 2.40 / Wall 11
&OBST XB=22.6, 36.1, 18.8, 18.8, 0.00, 2.40 / Wall 12
&OBST XB=36.1, 36.1, 14.9, 18.8, 0.00, 2.40 / Wall 13
&OBST XB=36.1, 49.7, 14.9, 14.9, 0.00, 2.40 / Wall 14
&OBST XB=49.7, 49.7, 14.9, 27.6, 0.00, 2.40 / Wall 15
&OBST XB=49.7, 55.7, 27.6, 27.6, 0.00, 2.40 / Wall 16
&OBST XB=55.7, 55.7, 27.6, 32.8, 0.00, 2.40 / Wall 17
&OBST XB=55.7, 56.5, 32.8, 32.8, 0.00, 2.40 / Wall 18
&OBST XB=56.5, 56.5, 32.8, 52.5, 0.00, 2.40 / Wall 19
&OBST XB=51.1, 56.5, 52.5, 52.5, 0.00, 2.40 / Wall 20
&OBST XB=51.1, 51.1, 52.5, 54.9, 0.00, 2.40 / Wall 21
&OBST XB=48.9, 51.1, 54.9, 54.9, 0.00, 2.40 / Wall 22
&OBST XB=48.9, 48.9, 54.9, 57.3, 0.00, 2.40 / Wall 23
&OBST XB=46.7, 48.9, 57.3, 57.3, 0.00, 2.40 / Wall 24
&OBST XB=46.7, 46.7, 57.3, 59.7, 0.00, 2.40 / Wall 25
&OBST XB=44.5, 46.7, 59.7, 59.7, 0.00, 2.40 / Wall 26
&OBST XB=44.5, 44.5, 54.8, 59.7, 0.00, 2.40 / Wall 27
&OBST XB=41.8, 44.5, 54.8, 54.8, 0.00, 2.40 / Wall 28
&OBST XB=41.8, 41.8, 48.2, 54.8, 0.00, 2.40 / Wall 29
&OBST XB=16.2, 41.8, 48.2, 48.2, 0.00, 2.40 / Wall 30
&OBST XB=16.2, 16.2, 48.2, 56.3, 0.00, 2.40 / Wall 31
&OBST XB=3.90, 16.2, 56.3, 56.3, 0.00, 2.40 / Wall 32
&OBST XB=3.90, 3.90, 50.4, 56.3, 0.00, 2.40 / Wall 33
&OBST XB=2.60, 3.90, 50.4, 50.4, 0.00, 2.40 / Wall 34
&OBST XB=2.60, 2.60, 44.5, 50.4, 0.00, 2.40 / Wall 35
&OBST XB=0.00, 2.60, 44.5, 44.5, 0.00, 2.40 / Wall 36
&OBST XB=0.00, 0.00, 38.2, 44.5, 0.00, 2.40 / Wall 37
&OBST XB=0.00, 5.40, 38.2, 38.2, 0.00, 2.40 / Wall 38
&OBST XB=5.40, 5.40, 38.2, 31.8, 0.00, 2.40 / Wall 39
&OBST XB=0.00, 5.40, 31.8, 31.8, 0.00, 2.40 / Wall 40

&HEAT XYZ=5.0, 14.0, 2.40, RTI=50.0, ACTIVATION_TEMPERATURE=76.0,
label='dekare1' /

&HOLE XB=41.7, 41.9, 48.2, 54.5, 0.00, 2.40, T_REMOVE=120, RGB=0.0,1.0,0.0 / dörr till
höger

&HOLE XB=16.1, 16.3, 48.2, 54.5, 0.00, 2.40, T_REMOVE=120, RGB=0.0,1.0,0.0 / dörr till vänster

&SURF ID='FAN', VOLUME_FLUX=3.9 / fläkten i taket
&VENT XB=36.5, 37.5, 44.5, 45.5, 2.40, 2.40, SURF_ID='FAN', T_ACTIVATE=120, RGB=1.0,0.0,0.0 /

&SURF ID='TILL1', VOLUME_FLUX=-0.51 / tilluft på vägg 1
&VENT XB=0.00, 0.00, 21.0, 21.7, 1.70, 2.40, SURF_ID='TILL1', RGB=0.0,0.0,1.0

&SURF ID='TILL2', VOLUME_FLUX=-0.225 / tilluft på vägg 11
&VENT XB=22.6, 22.6, 11.0, 11.7, 1.70, 2.40, SURF_ID='TILL2', RGB=0.0,0.0,1.0

&SURF ID='TILL3', VOLUME_FLUX=-0.45 / tilluft på vägg 35
&VENT XB=2.60, 2.60, 46.0, 46.7, 1.70, 2.40, SURF_ID='TILL3', RGB=0.0,0.0,1.0

&SURF ID='TILL4', VOLUME_FLUX=-0.45 / tilluft på vägg 32
&VENT XB=10.0, 10.7, 56.3, 56.3, 1.70, 2.40, SURF_ID='TILL4', RGB=0.0,0.0,1.0

&SURF ID='TILL5', VOLUME_FLUX=-0.225 / tilluft på vägg 22
&VENT XB=49.0, 49.7, 54.9, 54.9, 1.70, 2.40, SURF_ID='TILL5', RGB=0.0,0.0,1.0

&SURF ID='BURNER',HRRPUA=8050.0, RAMP_Q='HEATER' /
&VENT XB=2.5, 3.5, 9.0, 10.0, 0.00, 0.00, SURF_ID='BURNER' /
&RAMP ID='HEATER', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='HEATER', T=420.0, F=1.0 /
&RAMP ID='HEATER', T=900.0, F=0.4 /
&RAMP ID='HEATER', T=1800.0, F=0.0 /

&BNDF QUANTITY='GAUGE_HEAT_FLUX' /
&BNDF QUANTITY='WALL_TEMPERATURE' /
&BNDF QUANTITY='BURNING_RATE' /

&SLCF PBX=0.20, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. / Flöde fläkt vägg 1
&SLCF PBX=22.4, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. / Flöde fläkt vägg 11
&SLCF PBX=2.80, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. / Flöde fläkt vägg 35
&SLCF PBZ=56.1, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. / Flöde fläkt vägg 32
&SLCF PBZ=54.7, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. / Flöde fläkt vägg 22
&SLCF PBZ=2.30, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. / Flöde fläkt i tak

&SLCF PBZ=1.80, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.80, QUANTITY='RADIANT_INTENSITY' /
&SLCF PBZ=2.35, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=2.35, QUANTITY='RADIANT_INTENSITY' /
&SLCF PBZ=1.00, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.00, QUANTITY='RADIANT_INTENSITY' /

&THCP XYZ=5.0,14.0,2.4,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ=5.0,14.0,1.8,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ=5.0,14.0,1.2,QUANTITY='TEMPERATURE' /

&THCP XYZ=5.0,14.0,0.6,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ=37.0,45.0,2.4,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ=37.0,45.0,4.8,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ=37.0,45.0,1.2,QUANTITY='TEMPERATURE' /
&THCP XYZ=37.0,45.0,0.6,QUANTITY='TEMPERATURE' /

&ISOF QUANTITY='TEMPERATURE',VALUE(1)=30.0,100.0 /

&PL3D DTSAM=30.0 /