LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Rapport 9218

Brandteknisk riskvärdering av Kärnan Köpcenter, Värnamo

Daniel Edwartz
Henrik Georgsson
Frej Hult
Henric Modig

Lund 2003

Brandteknisk riskvärdering av Kärnan, Värnamo

Fire Safety Evaluation of Kärnan, Värnamo

Edwartz, Daniel
Georgsson, Henrik
Hult, Frej
Modig, Henric

Lund 2003

Institutionen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046-222 73 00
e-post: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 Lund
Telephone: +46 46222 73 00
e-mail: brand@brand.lth.se

Titel
Brandteknisk riskvärdering av Kärnan, Värnamo

Title
Fire safety evaluation of Kärnan, Värnamo

Av / By
Daniel Edwartz
Henrik Georgsson
Frej Hult
Henric Modig
Brandingenjörslinjen Lunds Tekniska Högskola, hösten 2003

Abstract
The purpose of this project was to evaluate the fire safety of a shopping mall called Kärnan. The whole project has been carried out as a part of the students' education. The most important part of the evaluation has been the safety of the occupants in case of a fire. As a result of this a lot of different estimations have been made, such as the size of the fire, its location in the building and what the burning material might be. In addition, estimations of how many people that would be affected of a fire or an evacuation of the building has been made. *CFAST*, *ARGOS*, *SIMULEX* and *FDS* have been used as tools in the evaluation process. These computer programs generate a lot of different outputs for example the smoke filling process of the building and the time of an evacuation from it. Furthermore a description of the building itself, the shops and different fire precautions has been included.

Keywords
evacuation, fire scenario, smoke, untenable conditions, *CFAST*, *ARGOS*, *SIMULEX*, *FDS*, simulations, fire alarm system

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

Denna rapport förutsätter vissa förkunskaper i brandskyddsdimensionering och värdering av riskerna vid en brand. Under framtagandet av rapporten har ett stort antal personer varit behjälpliga. Ett stort tack riktas till följande personer:

Robert Jönsson, universitetslektor vid Avdelningen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola

Annika Roos, brandingenjör vid räddningstjänsten i Värnamo

Ingvar Johansson, fastighetsskötare, Värnamo fastighetsservice AB

Daniel Gojkovic, universitetsadjunkt vid Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola

Lars Jensen, professor, Avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola

Sammanfattning

Kärnan Köpcenter, beläget på Malmövägen i Värnamo, ägs av Fastighets AB Corallen. Byggnaden är ursprungligen uppförd som en industrilokal men fastigheten är idag ombyggd till köpcenter i brandteknisk klass 1. Denna rapport syftar till att dokumentera och utvärdera Kärnans befintliga brandskydd ur ett personsäkerhetsperspektiv. Enligt uppgift från fastighetsägaren finns långt framskridna planer på att minimera antalet brandceller. Detta i syfte att skapa en mer öppen planlösning. Möjligheterna för att utföra denna ombyggnation, samt vilka åtgärder som krävs för att upprätthålla brandskyddet, berörs endast översiktligt i denna rapport.

I rapporten studeras fyra olika brandscenarier av vilka två bedöms vara dimensionerande för utformning av brandskyddet. Brandscenarierna gäller butikerna Jysk Bäddlager (butiksdel respektive lagerlokal), Ekohallen samt Stadium och Skinnkompaniet. I ett fall, Jysk Bäddlagers lagerlokal, antas brand uppkomma på grund av en smältande glimtändare i lysrörsarmaturer. I detta fall är lagervaror staplade ända upp till taket varför scenariot bedöms vara troligt. Bedömningen har bekräftats av Ulf Erlandsson, brandutredare vid Räddningsverket, utifrån hans personliga erfarenheter av brandorsaker. I de övriga scenarierna antas branden vara anlagd. Detta antagande bygger på Räddningsverkets statistik över vanliga brandorsaker i köpcenter. De dimensionerande brandscenarierna bedöms uppkomma i Jysk Bäddlagers butiksdel samt Stadium och Kläd & Skinnkompaniet. I dessa fall uppstår sannolikt kritiska förhållanden inom utrymningstiden varför åtgärder i dessa fall bör vidtas.

Vid brandsimulering har CFD-modellen *FDS* samt tvåzonsmodellerna *CFAST* och *ARGOS* använts. Olika utrymningsscenarier har simulerats med hjälp av datorprogrammet *SIMULEX*.

I samband med objektsbesök överlämnades en enkät angående organisatoriskt brandskydd till fastighetsägaren. Syftet med enkäten var att få en inblick i hur de anställda ser på brandskyddet i byggnaden, i vilken utsträckning de genomgår utbildning samt huruvida de anställda fyller någon särskild funktion vid ett brandtillbud. Av okänd anledning återlämnades dessa enkäter ej varför denna punkt i rapporten har uteblivit. Till följd av detta, och andra bristande informationskällor, har en del förenklade antaganden gjorts. Ett exempel på ett antagande som gjorts är att de flesta personer antas utrymma genom huvudentréerna. Detta bygger på uppgifter från fastighetsägare och resultat av andra utrymningsstudier, gjorda av Håkan Frantzich 2001, avdelningen för brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Dessa uppgifter kan ej verifieras utan att göra fullskaleförsök i Kärnan vilket ej var möjligt vid besök på objektet.

I många avseenden uppvisar Kärnan Köpcenter exempel på ett väl fungerande brandskydd. Byggnaden är förhållandevis enkel att utrymma och fastighetsägare och räddningstjänst arbetar aktivt för att förebygga brandtillbud. Dock bör åtgärder vidtas i de fall kritiska förhållanden kan uppstå. Detta gäller särskilt då fastighetsägaren ämnar ta bort ett flertal brandcellsgränser. Åtgärder som kan förbättra brandskyddet är installation av någon form av brandgasventilation på Kärnans övervåning och/eller installation av sprinkler i samtliga av byggnadens publika delar. Detta måste dock genomgå en djupare utredning vilket det inte har funnits utrymme för i denna rapport.

Innehåll

1. INLEDNING 15

1.1 BAKGRUND 15
1.2 SYFTE 15
1.3 METOD 15
1.4 AVGRÄNSNINGAR 15
1.5 OSÄKERHETER 16

2. BESKRIVNING AV BYGGNAD 17

2.1 ALLMÄNT 17
2.2 BYGGNADSTEKNISK BESKRIVNING 20
2.3 BRANDCELLSINDELNING 20

3. BESKRIVNING AV VERKSAMHETEN 21

3.1 RISKPERSPEKTIV PÅ VERKSAMHETEN 21

4. SKYDD MOT BRANDSPRIDNING 23

4.1 INOM BRANDCELL 23
4.1.1 Krav enligt BBR 23
4.1.2 Ytskikt i utrymningsvägar 23
4.1.3 Ytskikt i övriga utrymmen 23
4.2 MELLAN BRANDCELLER 23
4.3 LUFTBEHANDLINGSSYSTEMETS FUNKTION VID BRAND 24
4.3.1 Allmänt 24
4.3.2 Jysk Bäddlager, Guldmagasinet och Blic Optiker 24
4.3.3 AG:s Favör och Göfab 25
4.3.4 Ekohallen 25
4.3.5 Stadium och Skinnkompaniet 27
4.4 MELLAN BYGGNADER 27

5. BRANDENS PÅVERKAN PÅ BÄRANDE KONSTRUKTIONER 29

6. BRANDTEKNISKA INSTALLATIONER 31

6.1 SLÄCKUTRUSTNING 31
6.2 FAST SLÄCKUTRUSTNING 31
6.3 BRANDGASKONTROLL 31
6.4 LARMSYSTEM 31

7. ORGANISATORISKT BRANDSKYDD 33

7.1 SYSTEMATISKT BRANDSKYDDSARBETE 33

8. RÄDDNINGSTJÄNSTENS INSATSMÖJLIGHETER 35

8.1 INSATSTID 35
8.2 INTRÄNGNINGSVÄGAR 35
8.3 BRANDVATTENFÖRSÖRJNING 35
8.4 RISKER FÖR RÄDDNINGSTJÄNST 35

9. UTRYMNING 37

9.1 MAXIMALT PERSONANTAL 37
9.2 UTRYMNINGSSTRATEGI 38
9.2.1 Ekohallen 38
9.2.2 Göfab 38
9.2.3 AG:s Favör 38
9.2.4 Stadium 39
9.2.5 Skinnkompaniet 39
9.2.6 Jysk Bäddlager 40
9.2.7 Guldmagasinet och Blic Optiker 40
9.2.8 Stigs Café 40
9.3 UTFORMNING AV UTRYMNINGSVÄGAR 41

9.3.1 Dörrar ... *41*
9.3.2 Fönster ... *41*
9.3.3 Hissar ... *41*
9.3.4 Teknisk utrustning för utrymning ... *42*
9.4 RÄDDNINGSTJÄNSTENS MEDVERKAN VID UTRYMNING ... 42
9.5 RISKPERSPEKTIV PÅ UTRYMNING ... 43
9.6 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN ... 43
9.7 RESULTAT AV UTRYMNINGSSIMULERING ... 44

10. BRANDSCENARIER ... 45

10.1 VAL AV BRANDSCENARIO ... 45
10.2 JYSK BÄDDLAGER (BUTIK) ... 45
10.2.1 Simulering i FDS ... *46*
10.2.2 Resultat ... *47*
10.3 STADIUM OCH KLÄD & SKINNKOMPANIET ... 47
10.3.1 Simulering i FDS ... *48*
10.3.2 Resultat ... *49*
10.4 JYSK BÄDDLAGER (LAGER) ... 49
10.4.1 Resultat ... *50*
10.5 EKOHALLEN ... 50
10.5.1 Resultat ... *51*
10.6 DIMENSIONERANDE BRANDSCENARIO ... 51
10.7 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN BRANDSIMULERINGAR ... 52

11. SLUTSATS/DISKUSSION ... 53

12. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER ... 55

12.1 VERIFIERING AV ÅTGÄRDSFÖRSLAG ... 57
12.1.1 Utrymningsskylt utanför Guldmagasinet/Blic Optiker ... *57*
12.1.2 Organisatorisk åtgärd ... *57*

13. REFERENSER ... 59

APPENDIX ... 61

A. UTRYMNING ... 61
A1. Personantal ... *61*
A2. Utrymningssimulering ... *61*
A3. Resultat av utrymningssimulering ... *62*
B. BRAND ... 65
B1. Simulering av brand ... *65*
B2. Resultat av brandsimulering ... *65*
B2.1 Jysk Bäddlager (butik) ... 65
I. Simulering i FDS ... 65
II. Kommentarer ... 72
III. Simulering i CFAST ... 73
B2.2 Stadium och Kläd & Skinnkompaniet ... 75
I. Simulering i FDS ... 75
II. Kommentarer ... 81
III. Simulering i CFAST ... 82
B2.3 Jysk Bäddlager (lagerlokal) ... 86
B2.4 Ekohallen ... 89
I. Scenario 1 CFAST ... 90
II. Scenario 2 CFAST ... 91
III. Scenario 3 ARGOS ... 92
IV. Scenario 4 ARGOS ... 94
C. OSÄKERHETER ... 97
C1. Känslighetsanalys CFAST ... *99*
I. Känslighetsanalys 1 ... 100
II. Känslighetsanalys 2 ... 102
III. Känslighetsanalys 3 ... 103
C2. Modellverifiering av FDS ... *105*
C2.1 Gridoberoende ... 105
I. Jysk Bäddlager ... 105

II. Stadium och Kläd & Skinnkompaniet ... 108
C2.2 Dimensionslös effektutveckling ... 112
C2.3 Flamtemperatur ... 112
C3. Känslighetsanalys FDS ... 114
C3.1 Effektutveckling ... 114
C3.2 Tillväxthastighet ... 114
C3.3 Sotproduktion ... 114
D. BESKRIVNING AV ANVÄNDA DATORPROGRAM ... 115
D1. SIMULEX ... 115
I. Allmänt ... 115
II. Användning ... 115
D2. CFAST ... 115
D3. ARGOS ... 116
D4. FDS - Fire Dynamics Simulator ... 117
I. Allmänt ... 117
II. Användning ... 117
D5. DETACT-T2 ... 118
E. RITNINGAR ... 119
F. TILLBUDSHISTORIK ... 121
G. BESÖKSSTATISTIK ... 123
H. ENKÄT ... 125
I. SIMULEX, IN- OCH UTDATA ... 129
J. CFAST, INDATA EKOHALLEN ... 131
K. ARGOS, INDATA EKOHALLEN ... 135
L. FDS, INDATA JYSK BÄDDLAGER ... 139
M. RESULTAT KLÄDBRAND 3/10 -03 ... 141
M1. Branden ... 141
M2. Massavbrinning ... 141
M3. Effektutveckling ... 141
N. RÄDDNINGSTJÄNSTENS CHECKLISTOR VID BESIKTNING ... 143
N1. Checklista för passivt brandskydd ... 143
N2. Checklista för brandskyddskontroll ... 144

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport avser Köpcentret Kärnan, Värnamo. Rapporten är upprättad i utbildningssyfte och bör ej utgöra det enda underlaget för beslutsfattande gällande brandskyddet. Kvalitetssäkring har ej utförs varför stor försiktighet vid hänvisning till denna dokumentation skall iakttas. Framtagandet av rapporten ingår som ett moment i kursen "Brandteknisk Riskvärdering", 10 poäng, i regi av Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. Objektet har tilldelats gruppen av kursledningen i samarbete med fastighetens ägare Fastighets AB Corallen.

1.2 Syfte

Syftet är att uppskatta byggnadens befintliga brandskydd med inriktning på personsäkerheten, samt att ge förslag på åtgärder som förbättrar densamma.

1.3 Metod

Projektet inleddes med ett möte med räddningstjänsten i Värnamo följt av platsbesök på Kärnan Köpcenter. Under besöket fotograferades objektet och information insamlades.

Besöket följdes av kvalitativa och kvantitativa bedömningar över vilka scenarier som skulle kunna uppstå i Kärnan Köpcenter. Vid dessa bedömningar användes ett flertal olika datorprogram.

Brandscenarier har simulerats i datorprogrammen *FDS, CFAST eller ARGOS.* Utrymningssimuleringar har genomförts i datorprogrammet *SIMULEX.*

Med hjälp av de utrymningssimuleringar som gjordes erhålls dimensionerande utrymningstid för olika lokaler, dessa värden jämfördes sedan med simuleringarna av brandförloppen för att se om kritiska värden uppstod innan lokalerna tömts på folk.

Konservativa antaganden är gjorda för att få en god säkerhetsmarginal.

1.4 Avgränsningar

Efter möte med fastighetsägaren fick gruppen veta att butiksägarna i Kärnan vill minimera antalet brandcellsgränser i byggnaden för att få öppnare butiksytor. Detta föranleder att någon form av brandbegränsade system måste installeras, exempelvis sprinklers. Dock har endast det befintliga brandskyddet utvärderats tillsammans med vissa åtgärdsförslag.

En del av byggnadens södra flygel är avskilt från resterande del av köpcentret, se *Appendix E*. Denna del har därför inte berörts i denna rapport.

Då byggnaden är uppförd av material som skall klara brand under en längre tid, har inte byggnadens bärighet undersökts. Antagandet har därför gjorts att det inte är en byggnadskollaps som äventyrar säkerheten för Kärnans personal och besökare. Brister i ritningsmaterial har även omöjliggjort kunskap om byggnadens konstruktion i detalj.

En enkät gällande det organisatoriska brandskyddet överlämnades till fastighetschefen, som dock aldrig returnerades till gruppen. Detta har föranlett brister i rapporten angående det organisatoriska brandskyddet. Enkätens utformning redovisas i *Appendix H*.

Med utgångspunkt i byggnadens komplexa utformning har inga verifierande handberäkningar gjorts. Detta på grund av att de beräkningsmodeller som finns bedöms ej vara tillämpbara i de scenarier som valdes. Dock har verifierande simuleringar utförts vilka sannolikt ger tillräckligt underlag för bedömning av resultaten.

Vid bedömning av utrymningssäkerheten har koldioxidhalten ej tagits i beaktande, ej heller syrehalten. Se vidare *9.6 Kritiska förhållanden.*

1.5 Osäkerheter

De datorprogram som har använts i framtagandet av rapporten använder samtliga ett flertal förenklingar. Byggnadens komplexa geometri och variationer i persontätheten i varuhuset försvårar val av beräkningsmetoder och troliga scenarier. Dessa faktorer bidrar till att resultat från simuleringar och beräkningar är approximationer och bör behandlas som riktvärden.

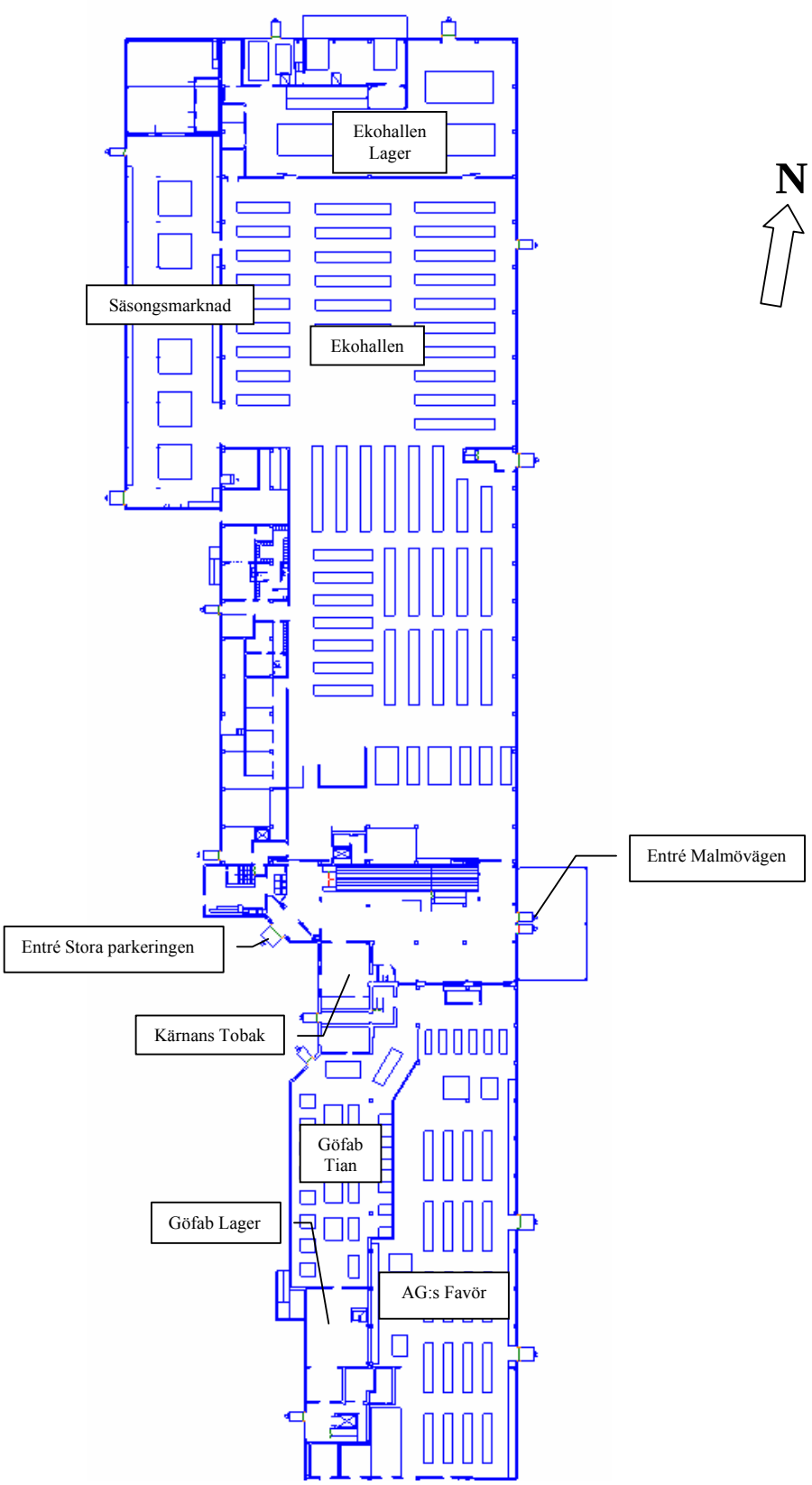
2. Beskrivning av byggnad

2.1 Allmänt

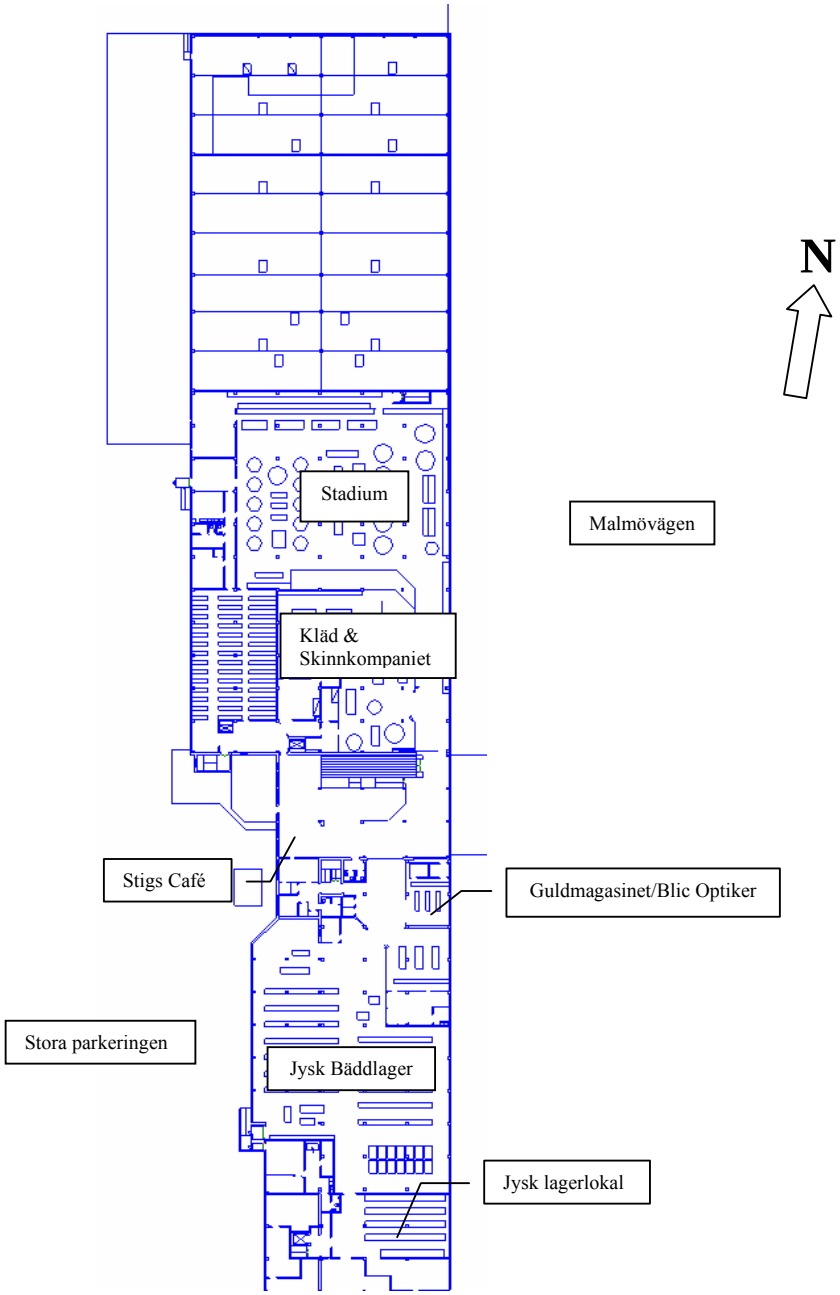
Kärnan Köpcenter är beläget på Malmövägen i Värnamo. Byggnaden är från början uppförd som en industrilokal. Fastigheten byggdes sedan om till ett köpcenter i brandteknisk klass Br 1. Byggnaden är omkring 230 meter lång och 50 meter bred på det bredaste stället.

Figur 2.1. Kärnan sett från Malmövägen

Figur 2.2. Kärnan sett från stora parkeringen på baksidan



Figur 2.3. Översikt bottenvåning.



Figur 2.4. Översikt övervåning.

2.2 Byggnadsteknisk beskrivning

Byggnadens bärande stomme består av betongpelare. Dessa är utplacerade med ett avstånd av 4,8-ca 6 m. Ytterväggarna består av prefabricerade lättbetongblock av typ Siporex®.

2.3 Brandcellsindelning

Följande delar av byggnaden är idag utformade som egna brandceller:

- Ekohallen (bottenvåning)
- Ekohallen lagerlokal (bottenvåning)
- AG:s Favör och Göfab (bottenvåning)
- Jysk Bäddlager, Guldmagasinet och Blic Optiker (övervåning)
- Jysk Bäddlager lagerlokal (övervåning)
- Stadium och Kläd & Skinnkompaniet (övervåning)
- Entré (botten- och övervåning)

Samtliga brandcellsgränser är normalt öppna, eller öppnas regelbundet. I händelse av brand avskiljs brandcellerna med brandskyddsportar i klass EI 60 alternativt brandjalusier utförda i klass E 60. Dessa brandportar och brandjalusier är kopplade till det automatiska brandlarmet och stänger, med kort fördröjning, vid en detektion av brand. Vidare är även elcentraler och fläktrum utförda som egna brandceller. Dessa utrymmen beskrivs ej ingående i denna rapport eftersom de ej antas användas av besökare eller anställda.

Ekohallen är, enligt ovan, uppdelad i två större brandceller. En för hela butiksytan med kontor, fik- och omklädningsrum. Den andra är för lager, förråd, ett mindre kontor samt eltruck med ett separat laddningsbås.

Dessutom finns i butiksytan ett mindre lager för lättantändliga vätskor till försäljning. Hela detta lager är en egen brandcell med magnetupphängda dörrar som stänger vid detekterad brand.

Figur 2.5. Brandcellen i Ekohallen där brännbar vätska förvaras.

Fastighetsägarens önskemål är att minimera antalet brandceller i syfte att skapa en mer öppen planlösning. Detta innebär att de brandskyddsportar och jalusier som avskiljer entrén, i båda planen, kommer att försvinna.

3. Beskrivning av verksamheten

Byggnaden används idag som köpcentrum med 11 butiker. Dessa är:

- The Stadium
- Jysk Bäddlager
- Guldmagasinet
- Blic Optiker
- Stigs Café
- Kläd & Skinnkompaniet
- Ekohallen
- AG:s Favör
- Kärnans Foto
- Kärnans Tobak
- Göfab Tian

Blic Optiker och Guldmagasinet delar butiksyta. The Stadium, Jysk Bäddlager, Blic Optiker, Guldmagasinet, Kläd & Skinnkompaniet och Stigs Café är samtliga belägna på övervåningen. Resten av butikerna är belägna på undervåningen. Kärnans Foto kommer att upphöra inom kort och eventuellt ersättas av en uttagsautomat. För en mer detaljerad beskrivning av butikernas placering och planlösning hänvisas till *Figur 2.3-4* och *Appendix E*.

3.1 Riskperspektiv på verksamheten

Enligt Räddningsverkets statistik[1] är anlagd brand den vanligaste brandorsaken i aktuell verksamhet. Detta visar på vikten av att sträva efter en låg brandbelastning i publika lokaler. Även om den största brandbelastningen återfinns i lagerlokaler och liknande bör stor vikt läggas vid de scenarier som kan uppstå ute i en butikslokal. I den här typen av verksamhet uppstår ofta problem med att varor lagras på fel plats, exempelvis mitt för en utrymningsväg, och att för mycket brännbart material staplas på höjden, exempelvis i Jysk Bäddlagers lagerlokal se *10.4*. Fastighetsägaren omnämner detta som ett stort problem, och nämner vidare att det finns långt framskridna planer på att försöka "bygga bort" dessa problem. Vid besök på objektet uppmärksammades att nödutgångar i flera fall var blockerade av varor. Detta har dock ej tagits hänsyn till vid utrymningssimulering. Vidare var lagren i många fall fyllda till taket. Detta kan naturligtvis bero på tillfälliga omständigheter men det innebär ändå att utrymning avsevärt kan försvåras och eventuell brand förvärras.

[1] Erlandsson, Ulf. Räddningsverket

4. Skydd mot brandspridning

4.1 Inom brandcell

4.1.1 Krav enligt BBR

Enligt BBR 5:51 får inte ytskikt och beklädnader ge upphov till antändning eller snabb brandspridning. Ej heller får materialet falla ner eller deformeras med personskador som följd. Valet av material är starkt förknippat med den byggnadsklass byggnaden tillhör, där varje byggnadsklass har olika brandskyddskrav. Då Kärnan klassas som en samlingslokal tillhör byggnaden byggnadsklass Br 1 varpå de hårdaste kraven på ytskikt gäller.

4.1.2 Ytskikt i utrymningsvägar

I enlighet med BBR 5:512 skall utrymningsvägar från samlingslokaler ha tak- och väggytor med ytskikt av klass B-s1,d0 (forna klass 1) fäst på material av klassA2-s1,d0 (obrännbart material) eller på tändskyddande beklädnad. Golvbeläggningar i utrymningsvägar från samlingslokal skall vara utförd i lägst material klass C_{fl}-s1 (forna klass G).

Här nedan följer en kort beskrivning av ytskikten i Kärnan, med reservation för att lokala variationer kan förekomma på plats.

Samtliga trapphus som fungerar som utrymningsvägar har väggar och tak av lättbetong. En hel del osäkerheter gäller utrymningsvägarna som leder genom Göfabs lager, Jysks lager och Stadiums lager. Då byggnaden är uppförd i lättbetong uppfylls kraven på ytskikt, men samtidigt bidrar de varor som förvaras i dessa lager till brandspridning. Med tanke på att byggnaden är uppförd i lättbetong, som nämnts tidigare, kan emellertid kraven på ytskikt anses uppfyllda.

4.1.3 Ytskikt i övriga utrymmen

För de utrymmen som inte ingår i benämningen utrymningsväg gäller att väggar och tak i samlingslokaler skall ha ytskikt av klass B- s1,d0 (forna klass 1) fäst på A2-s1,d0 (obrännbart material) eller tändskyddande beklädnad. Golv i dessa lokaler skall utföras av lägst klass D_{fl}-s1 (forna klass G). I Kärnan är dessa utrymmen enstaka kontor och personalutrymmen samt Ekohallens lager. Med utgångspunkt från byggnadens uppförande kan dessa utrymmens ytskikt anses uppfylla kraven.

4.2 Mellan brandceller

Byggnadens brandtekniska klass föranleder att brandspridning mellan brandceller skall förhindras, enligt BBR 5:232. Vad gäller Kärnan har bedömningen gjorts att brand endast skulle kunna spridas mellan brandceller genom luftbehandlingssystemet, se *4.3 Luftbehandlingssystemets funktion vid brand* nedan. Detta gäller dock ej brandspridning mellan Jysk Bäddlagers lagerlokal och butiksytan eftersom dörren däremellan ej är självstängande.

4.3 Luftbehandlingssystemets funktion vid brand

4.3.1 Allmänt

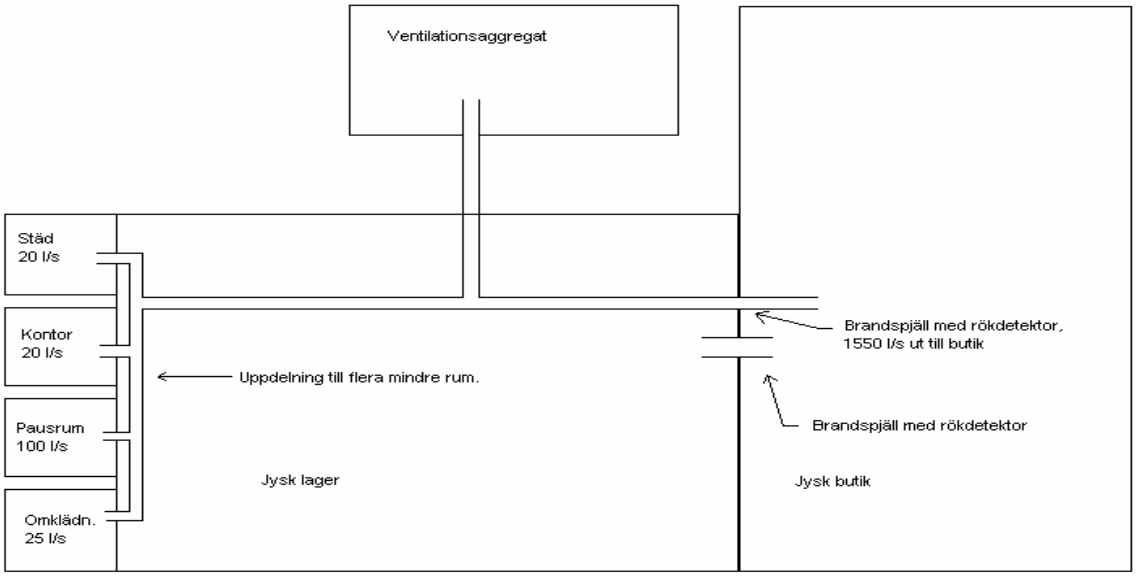
Kärnans större brandceller har separata ventilationssystem, och de mindre brandcellerna som exempelvis vissa lagerutrymmen styrs av de större brandcellernas ventilation. Vid aktivering av en av Kärnans detektorer stannar byggnadens ventilationssystem upp helt, på både tillufts - och frånluftssidan. Efter att ventilationen stannat måste ventilationssystemen återställas manuellt. Eventuella brandgasspjäll stänger bara om tillhörande rökdetektorer löser ut.

4.3.2 Jysk Bäddlager, Guldmagasinet och Blic Optiker

Jysk har ett tilluftsaggregat i butiksytan. Detta aggregat styr även ventilationen på lagret. Två genomföringar går till Jysks lager varav den ena fortsätter längre in i lokalen och förser personalutrymmen som fikarum och omklädningsrum med luft. Dessa två genomföringar är båda försedda med brandgasspjäll och rökdetektorer. Frånluftsaggregatet är placerat i lagerdelen. Detta aggregat täcker både Jysks butiksyta och lager.

Fläktsystemet i Jysk är ett separat system vilket innebär att en eventuell brand inte kommer att spridas vidare till andra brandceller. Till Jysks brandcell hör även Guldmagasinet och Blic Optiker. Vid en brand i Jysks butiksyta med ökat tryck som följd fås även samma tryck i Blic Optiker och Guldmagasinet i och med att det finns direkta öppningar mellan Jysk och dessa två mindre butiker. Detta innebär att ventilationen inte kommer att bidra till brandspridningen inom denna brandcell.

Brandspjällen i genomföringarna till Jysks lager innebär att lagret är en egen brandcell. Detta förutsätter dock att dörren mellan dessa två utrymmen hålls stängd och inte kilas fast i öppet läge.



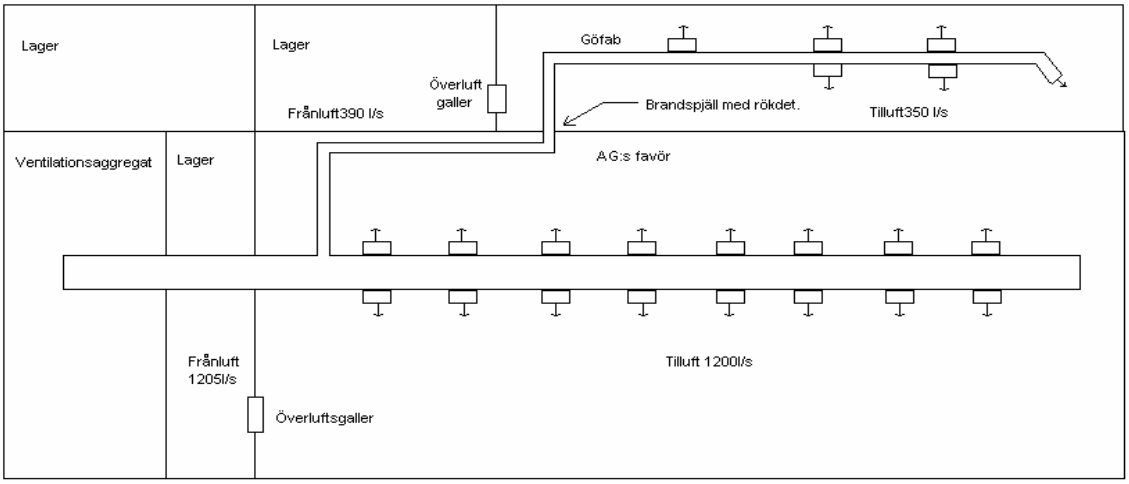
Figur 4.1. Schematisk ventilationsöversikt för Jysk Bäddlager, Guldmagasinet/Blic Optiker

4.3.3 AG:s Favör och Göfab

I ett fläktrum i bortre ändan av AG:s Favör, sett från entrén, finns både tillufts- och frånluftsaggregat. Från detta rum går en kanal med tilluft in till butiksytan i AG:s Favör. Kanalen grenar sig och leder även in luft till Göfab. I genomföringen in till Göfab sitter ett brandspjäll med en rökdetektor. Påkopplat på tilluftkanalen i Göfab sitter en mindre tilluftskanal som leder luft till Göfabs lager. Detta lager har även ett frånluftsdon som via kanaler leder till ovan nämnda fläktrum. Vid änden på lagret finns en genomföring försedd med brandspjäll och rökdetektor. Detta för att skydda utrymningsvägen på andra sidan väggen.

Fläktsystemet i AG:s Favör och Göfab är ett separat system vilket innebär att en eventuell brand inte kommer att spridas vidare till andra brandceller. Vid en brand i exempelvis AG:s butiksyta med ökat tryck som följd fås samma tryck även i butiksytan i Göfab, då det finns direkt öppningar mellan dessa två butiker. Mellan Göfab och Göfabs lager sitter överluftsgaller vilket inte är brandcellsavskiljande.

Frånluft från AG:s Favör och Göfab kan inte redogöras för fullt ut på grund av brister i ventilationsdokumentationen. Ventilationssystemet kommer dock inte att bidra till brandspridning inom den aktuella brandcellen.



Figur 4.2. Schematisk ventilationsöversikt för AG:s Favör och Göfab

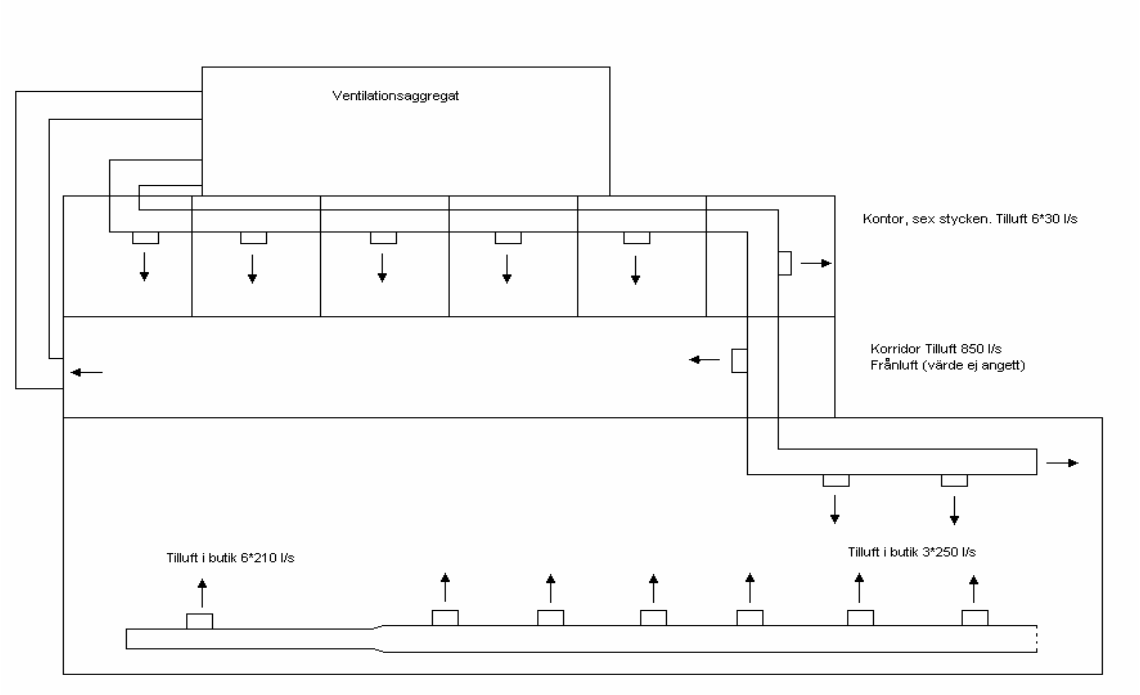
4.3.4 Ekohallen

Ekohallen har två fläktsystem. Ett med väldigt stor kapacitet som har sina aggregat i ett fläktrum i närheten av säsongsmarknaden. Detta system blåser in luft i stora hallen och ena sidan av butiksytan som har lägre takhöjd. Frånluftsdon till detta system sitter enbart i säsongsmarknaden och har även det en stor kapacitet. Stora hallen är försedd med luckor för brandgasventilation och lokalen har så stor volym att minimal brandspridningsrisk inom brandcellen via detta ventilationssystem föreligger. En väldigt stor brand skulle krävas för att erforderliga tryck ska uppnås.

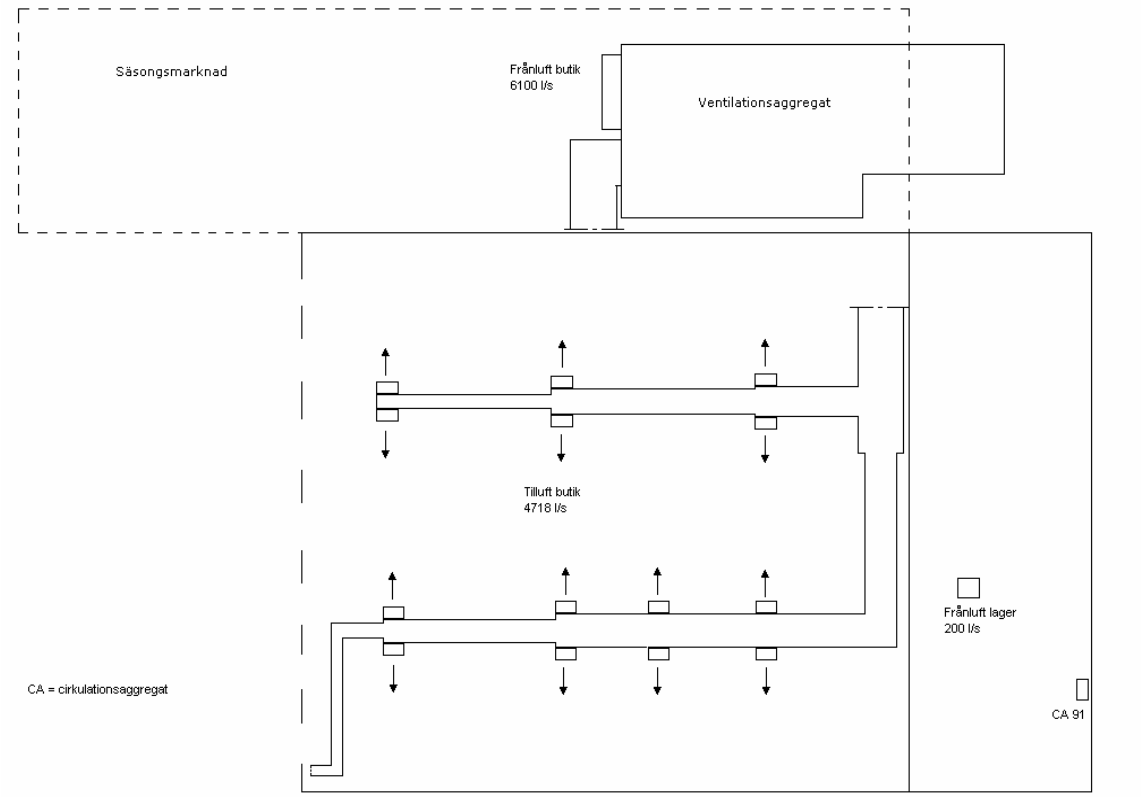
Ekohallens andra ventilationssystem har sina aggregat i ett fläktrum i kontorsdelen av Ekohallen. Detta system förser kontorsdelen samt ena halvan av butiksytan som har lägre takhöjd med tilluft. Ett nät av kanaler och frånluftsdon utgår från fläktrummet och täcker kontorsdelen. Detta system skulle under vissa förutsättningar kunde bidra med brandspridning

inom den aktuella brandcellen. Denna eventuella brandspridning kommer dock inte att avsevärt påverka utrymningen. Det bör nämnas att Ekohallen och kontorsdelen är en och samma brandcell.

Ekohallens lager har nästintill obefintlig ventilation. Ett par små utrymmen som WC och städskrubb har små ventilationsdon men på grund av brister i ventilationsdokumentationen kan inte aggregatet som styr dessa don spåras. För övrigt i lagret finns cirkulationsaggregat CA 91 och CA 92, och frånluftsdon FF 91.



Figur 4.3. Schematisk ventilationsöversikt för Ekohallen.



Figur 4.4. Schematisk ventilationsöversikt för Ekohallens stora hall

4.3.5 Stadium och Skinnkompaniet

Över Stadium och Skinnkompaniet finns ingen ventilationsdokumentation. Samtal med fastighetsägare och fastighetsskötare har gett att Stadium och Skinnkompaniet har samma sorts ventilationssystem som AG:s Favör. Systemet är ett separat system och har sina aggregat inne i Stadiums lagerdel. Brandspridning inom brandcell och eventuella brandspjäll kan inte utredas på grund av ovan nämnda brister i dokumentationen. Brandspridning kommer dock inte att ske till annan brandcell då det är ett separat ventilationssystem.

4.4 Mellan byggnader

Enligt BBR 5:72 är risken för brandspridning till närliggande byggnad liten om avståndet är minst 8 meter, och/eller att strålningen underskrider 15 kW/m^2 över en 30 minuters period. Vad gäller Kärnan överstiger avståndet till närliggande byggnad 8 meter. Avståndet till närmaste byggnad uppskattas till 20 - 30 meter. Detta leder även till att strålningspåverkan sannolikt ej heller kan överstiga 15 kW/m^2.

5. Brandens påverkan på bärande konstruktioner

Byggnadens konstruktion är utformad på ett sådant sätt att dess hållfasthet ej påverkas under utrymningsfasen av brandförloppet. Detta grundar sig på uppgift från fastighetsskötare samt kvalitativ bedömning av byggnadskonstruktionen vid objektsbesök. Dessa uppgifter kan ej styrkas.

6. Brandtekniska installationer

6.1 Släckutrustning

Handbrandsläckare, med pulver eller skum, samt fasta brandposter med centrumslang är utplacerade i hela byggnaden. Släckutrustningen är utplacerad på av räddningstjänsten angivna platser.

6.2 Fast släckutrustning

Byggnaden saknar fast släcksystem.

6.3 Brandgaskontroll

Följande delar av byggnaden är försedda med brandgasventilatorer

- Ekohallens stora hall 10 st. à ca 2 m^2
- Lager Ekohallen 7 st. à ca 2 m^2

Dessa är förseglade med smältbleck vilka smälter vid ca 70° C. Brandgasluckorna kan även öppnas manuellt dels direkt från taket och dels från separat styrcentral. Luckornas placering redovisas i planritning i *Appendix E Figur E4*. Brandgasventilationens funktion studeras endast i Ekohallens stora hall. I *11. Slutsats/Diskussion* och *12.Förslag till åtgärder* berörs möjligheten att installera brandgasventilation även i andra lokaler. Dock är dessa slutsatser och förslag endast rekommendationer som bygger på kvalitativa bedömningar.

6.4 Larmsystem

Kärnan Köpcenter är försett med bibrandskåp och rökdetektorer kopplade till automatiskt brandlarm. Centralapparaten är belägen i en separat mindre byggnad. Inne i köpcentret finns två undercentraler, vilka övervakar varsin del av byggnaden. Aktivering av automatiskt brandlarm indikeras med två röda varningsljus på fasaden. Med hjälp av dessa kan räddningtjänsten vid ankomst direkt se i vilken del av byggnaden larmet har aktiverats. Varningsljusen är monterade vid inlastningen till AG:s Favör och vid returrummet bredvid huvudentrén mot stora parkeringen.

7. Organisatoriskt brandskydd

Vid besök på Kärnan Köpcenter överlämnades enkäter till fastighetsägaren. Syftet med enkäten var att få en uppfattning om de anställdas funktion vid ett eventuellt brandtillbud, enkäten bifogas i *Appendix H*. Resultatet skulle då ge en inblick i till exempel vilken utsträckning personalen utbildas vad gäller beteende vid brand och utrymning. Dessutom skulle viktig information om hur utrymningsvägar används, samt vilka utrymningsvägar som primärt används i praktiken, erhållas. Enkätundersökningen returnerades dock aldrig, trots påtryckningar från gruppens sida, varför denna punkt vidare har utelämnats i rapporten.

Statistiken över tillbud visar bland annat att marschaller tändes inomhus och att papperslyktor brukades oaktsamt. Detta ger en grund för misstanke om att brandtänkandet på Kärnan Köpcenter är undermåligt.

7.1 Systematiskt brandskyddsarbete

Enligt Räddningsverkets Allmänna råd[2] gällande systematiskt brandskyddsarbete bör detsamma bedrivas såväl med avseende på förebyggande åtgärder som på de åtgärder som planeras i händelse av inträffad brand. Innebörden av det är att ägare och innehavare fortlöpande bör bedöma brandriskerna och de åtgärder som behövs för att få bort eller minska risken för brand. I fallet Kärnan bedrivs det systematiska arbetet genom att en tjänst köpes av räddningstjänsten. Tjänsten är att mot betalning gör räddningstjänsten ett platsbesök per månad hos Kärnan. Vad som under platsbesöket kontrolleras redovisas i checklistor i *Appendix N.* En nackdel som systemet har är att även om brister upptäcks, så genomförs inga förbättringar. Det innebär att i stort sett samma brister bokförs vid varje månadsbesök. Fastighetsägaren och innehavarna av de olika butikerna bör därför förbättra rutinerna så att avgiften för månadsbesöken inte betalas i onödan.

[2]Meddelande från Räddningsverket 2001:2 Systematiskt brandskyddsarbete Allmänna råd

8. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

8.1 Insatstid

Insatstiden består av: anspänningstid + körtid + angreppstid. Enligt räddningstjänsten i Värnamo är anspänningstid + körtid i bästa fall 6-7 minuter. Då anspänningstiden är på 90 sekunder innebär det en körtid på ca 5 minuter och detta kan bara uppnås vid mycket bra väglag. Dessa uppgifter har ej verifierats med beräkningar. I de allra flesta fall är utrymningen klar då räddningstjänsten anländer till platsen[3], vilket även utrymningssimuleringarna visar på. Utrymningstiden uppgår till ca 5 minuter.

8.2 Inträngningsvägar

Då räddningstjänsten anländer till byggnaden kontrolleras först vilken undercentral som aktiverats se *6.4 Larmsystem*. Beroende på vilken/vilka detektorer som utlöst väljer räddningstjänsten med utgångspunkt därav inträngningsväg.

8.3 Brandvattenförsörjning

Räddningstjänsten får sitt släckvatten från det kommunala brandpostnätet. Räddningstjänsten i Värnamo anser detta vara fullt tillräckligt för byggnadens behov.

8.4 Risker för räddningstjänst

Problem som kan uppstå vid eventuella insatser är att inträngningsvägar både vid den stora och lilla parkeringen kan blockeras av besökares fordon. Risken för blockeringar anses vara tämligen hög enligt räddningstjänsten i Värnamo. Enligt fastighetsägaren Corallen har skyltar om *parkering förbjuden* satts upp utanför entréerna för att komma åt detta problem, dock utan resultat. Vidare påverkas räddningstjänstens insatsmöjligheter av att besökare ofta går tillbaka in i köpcentret när utrymningslarmet stängs av, se *9.5 Riskperspektiv på utrymning*. Detta gäller även vid en brand som inte kan ses utifrån.

[3] Uppgift från Räddningstjänsten i Värnamo

9. Utrymning

Genom åren har omfattande studier av människors beteende vid brand gjorts. I de flesta fall bygger dessa studier på enkätundersökningar, men det förekommer även videofilmade utrymningsförsök och datorstudier av människors rörelsemönster i olika situationer[4] Nedanstående grundar sig på dessa studier. Vid beskrivning av hur utrymning sker från en byggnad används ofta följande tidskomponenter:

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

Av dessa är $t_{varseblivning}$ och $t_{beslut+reaktion}$ svårast att uppskatta eftersom de är starkt beroende av en persons förmåga att uppfatta branden som ett hot, och att utrymning bör ske. Däremot är det enklare att uppskatta $t_{förflyttning}$ utifrån typisk gånghastighet för en viss persontyp. Kärnan Köpcenter utrustad med talat utrymningslarm, som utlöses automatiskt vid detekterad brand, varför $t_{varseblivning}$ kan sättas till den tid det tar för en detektor att upptäcka brand. Vidare antas $t_{beslut+reaktion}$ variera beroende på om personen ifråga ser branden eller ej. Kärnan Köpcenter är en tämligen långsmal byggnad, uppdelad i två flyglar, vilket ger besökare en god överblick över byggnadens hela bredd i ett våningsplan. De besökare som befinner sig i närheten av brandkällan har alltså god möjlighet att upptäcka brand innan- eller samtidigt som rökdetektorerna. Detta förkortar deras $t_{beslut+reaktion}$ avsevärt jämfört med de som befinner sig i den andra delen av byggnaden alternativt på ett annat våningsplan. Utifrån detta har, i denna rapport, ett antal utrymningsförlopp simulerats med hjälp av datorprogrammet *SIMULEX*. För mer utförlig beskrivning av tillvägagångssätt vid simulering, redovisning av valda scenarier samt resultat se *Appendix A*. För beskrivning av *SIMULEX* se *Appendix D1*.

9.1 Maximalt personantal

Besöksfrekvensen på köpcentret Kärnan varierar kraftigt med tid på dygnet, veckodag och säsong. Dimensionerande personantal bedöms utifrån tillgänglig besöksstatistik, se *Appendix G*. Antal besökare räknas med hjälp av ett radarsystem som registrerar besökare med en längd över 1 m. Därmed är besöksfrekvensen i verkligheten något högre än vad statistiken visar. Följande data har använts vid utrymningsberäkning:

Kärnan	Bottenvåning	Övervåning	Totalt
antal besökare	930	500	1430

Tabell 9.1. Antal besökare vid utrymningssimulering

Det besökarantal som använts vid simulering är ovanligt stort, jämfört med normala förhållanden, vilket leder till att den studerade utrymningssituationen uppstår väldigt sällan. Däremot är det troligt, och av väsentlig karaktär, att det skulle inträffa ett brandtillbud just i en sådan situation. I denna rapport antas därför ett tänkt värsta möjliga utrymningsscenario vara dimensionerande. För vidare information om de antaganden som ligger till grund för simuleringarna se *Appendix A*.

[4] Frantzich, Håkan 1996, 2001.

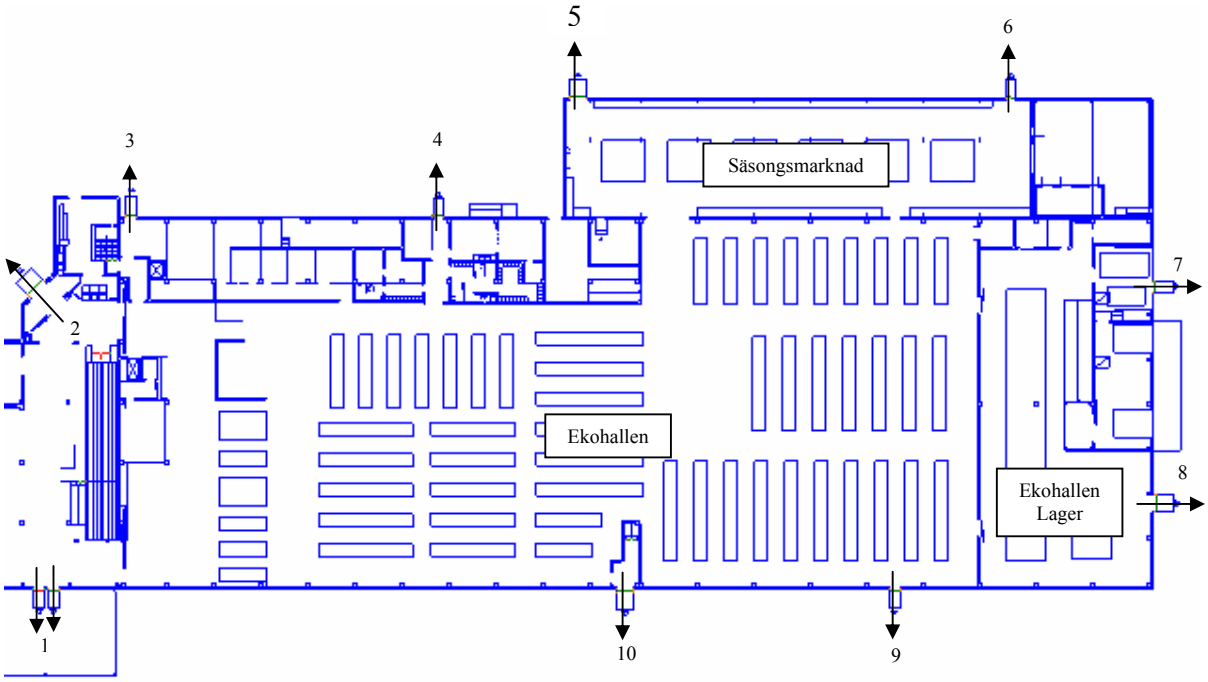
9.2 Utrymningsstrategi

Enligt fastighetsägaren väljer flertalet besökare att gå ut samma väg som de kom in. Det finns även studier som visar på samma fenomen[5]. För köpcentret Kärnan gäller då att de båda huvudentréerna på bottenvåningen i verkligheten kommer att användas som primära utrymningsvägar. Dock är utrymningsstrategin för de olika delarna av Kärnan enligt nedan. Utrymningsvägarnas beteckningar är hämtade direkt från utrymningssimuleringar i *SIMULEX*. De utrymningsvägar, nr. 1- 19, som är omnämnda nedan är inritade på planritningar för varje del av byggnaden.

9.2.1 Ekohallen

Ekohallen utryms dels via två nödutgångar, nr. 9 och 10, direkt till det fria och dels via säsongsmarknaden och dess två nödutgångar, nr. 5 och 6. I övrigt utryms Ekohallen genom huvudentréns båda utgångar, nr. 1 och 2, samt via personalutrymme, nr. 3 och 4. Lager - och personalutrymmen utryms via nr. 3, 4, 7 och 8.

.



Figur 9.1. Utrymningsstrategi Ekohallen

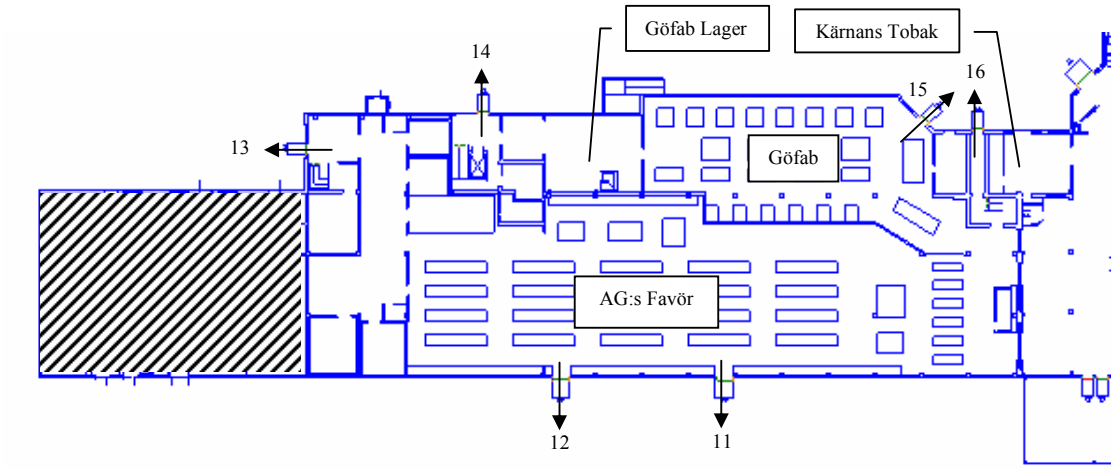
9.2.2 Göfab

Göfab utryms genom en nödutgång i butiken, nr. 15, direkt till det fria samt via lager - och personalutrymmen, nr. 14.

9.2.3 AG:s Favör

AG:s Favör har två nödutgångar, nr. 11 och 12, direkt till det fria inne i butiken. Vidare sker utrymning via lager - och personalutrymmen, nr. 13.

[5] Frantzich, Håkan 2001



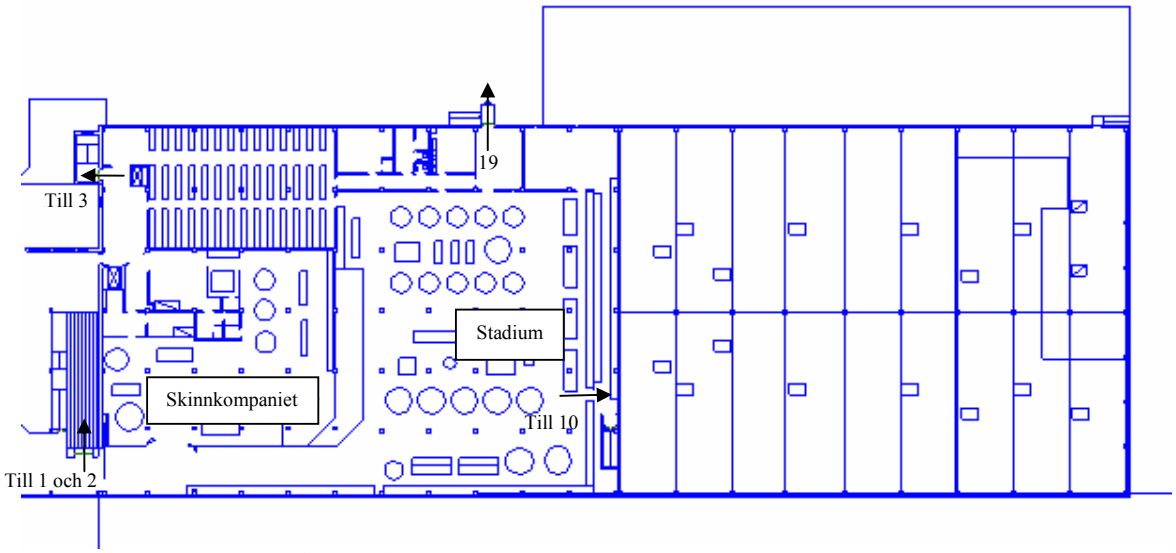
Figur 9.2. Utrymningsstrategi AG:s favör och Göfab.

9.2.4 Stadium

Stadium har tre utrymningsvägar via lager - och personalutrymmen till det fria, nr. 3, 10 och 19. I övrigt utryms butiken via trappor till huvudentréer, nr. 1 och 2, på bottenvåningen.

9.2.5 Skinnkompaniet

Skinnkompaniet har en utrymningsväg via lager - och personalutrymmen till det fria, nr. 3. Dessa utrymmen delas med Stadium och Stigs Café. I övrigt sker utrymning via trappor till huvudentréer, nr. 1 och 2, på bottenvåningen.



Figur 9.3. Utrymningsstrategi Stadium och Skinnkompaniet

9.2.6 Jysk Bäddlager

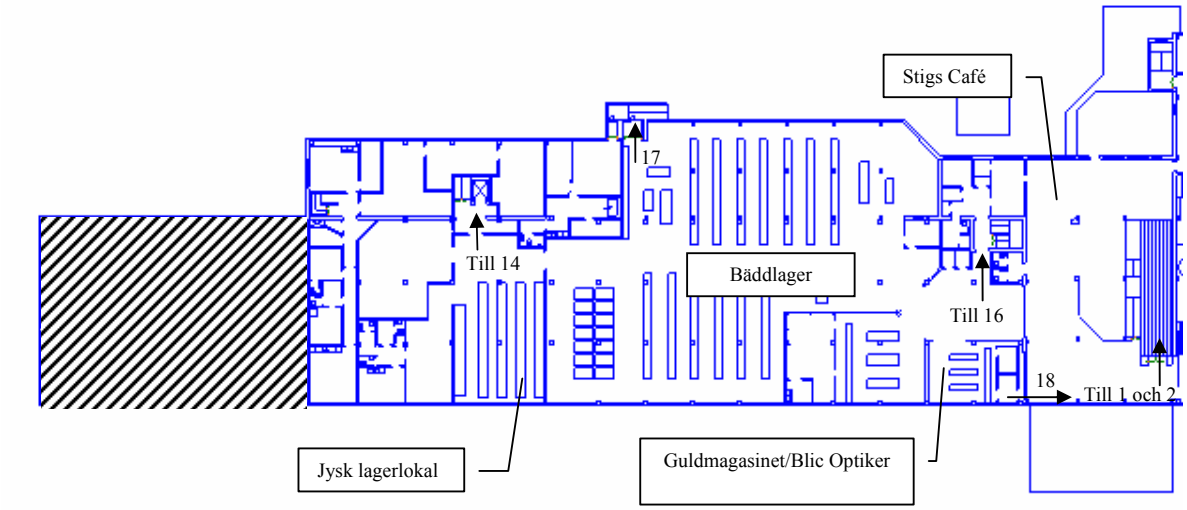
Jysk Bäddlager har en utrymningsväg direkt till det fria i butiksdelen, nr. 17. Via lager - och personalutrymmen utryms butiken genom nödutgång på bottenvåningen, nr. 14. Denna sammanfaller, på bottenvåningen, med utrymningsväg från Göfab. Dessutom finns en utrymningsväg strax utanför butiksingången vilken är gemensam för Jysk Bäddlager, Guldmagasinet och Blic Optiker, nr. 16. I övrigt sker utrymning via trappor till huvudentréer, nr. 1 och 2, på bottenvåningen.

9.2.7 Guldmagasinet och Blic Optiker

Guldmagasinet och Blic Optiker delar utrymningsväg med Jysk Bäddlager, nr. 16. Dessutom finns utrymningsväg nr. 18, främst avsedd för personal, som leder via trappor till huvudentréer, nr. 1 och 2, på bottenvåningen. I övrigt utryms besökare via trappor till huvudentréer, nr. 1 och 2.

9.2.8 Stigs Café

Stigs Café utryms via trappor till huvudentréer, nr. 1 och 2, på bottenvåningen samt via lager - och personalutrymmen, 3. Denna sammanfaller delvis med utrymningsväg från Skinnkompaniet och Stadium. Personalen utryms via caféets kökslokaler till nr. 16.



Figur 9.4. Utrymningsstrategi Jysk Bäddlager, Guldmagasinet/Blic Optiker och Stigs Café.

9.3 Utformning av utrymningsvägar

9.3.1 Dörrar

Enligt BBR 5:342 skall dörrar till eller i utrymningsväg vara utåtgående i utrymningsriktningen och lätt identifierbara som utgångar. Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara lätt öppningsbara.

På Kärnan Köpcenter uppfylls de ovanstående kraven på dörrar i- eller till utrymningsväg på de flesta punkter. Dock förekommer avvikelser, till exempel nödutgången genom Blics lager, som är dåligt markerad och endast syns inifrån butiken.

Entrédörrarna på framsidan öppnar automatiskt då en person närmar sig. Detta gäller även då utrymningslarmet aktiverats. Dock måste dörrarna öppnas manuellt vid strömbortfall, vilket kan innebära att utrymningstiden förlängs något, speciellt med tanke på rörelsehindrade personer. De automatiska skjutdörrarna på baksidan bibehåller även de sin normala funktion vid aktiverat utrymningslarm. Dock återgår de, med hjälp av batteri, till öppet läge vid strömbortfall, vilket bidrar till att dörrarnas utrymningskapacitet bibehålls.

9.3.2 Fönster

Enligt BBR 5:312 får i bostäder, kontor och därmed jämförliga utrymmen i en byggnad en av utrymningsvägarna utgöras av fönster under förutsättning att utrymningen kan ske på ett betryggande sätt. Hänsyn skall tas till om räddningstjänstens utrustning kan användas vid utrymningen.

På köpcentret Kärnan utgörs endast två av utrymningsvägarna av fönster. Utrymningsvägarna i fråga tillhör Jysks personalutrymmen (fikarum och toaletter) och AG:s Favörs personalutrymmen på övervåningen. Användning av fönstret som utrymningsväg motiveras med att personer som vistas där kan antas ha god kännedom om lokalen.

9.3.3 Hissar

Hissar används ej för utrymning i köpcentret Kärnan, men i vissa nödfall kan de vara aktuella att tas i bruk för evakuering av handikappade. Deras funktion vid ett brandförlopp har inte kunnat utredas.

9.3.4 Teknisk utrustning för utrymning

Byggnaden är utrustat med talat utrymningslarm. Detta utlöses automatiskt då en detektor detekterat brand. Vid objektsbesök fanns ingen möjlighet att testa utrymningslarmets funktion vad gäller till exempel informationsinnehåll och hörbarhet. Dock uppger fastighetsägare och räddningstjänst att utrymningslarmet fungerat tillfredsställande då det använts.

För att underlätta utrymning är de större lokalerna försedda med nödbelysning i butikernas gångstråk. Nödbelysningen utgörs av strålkastare uppsatta enligt krav ställda av räddningstjänsten i Värnamo. I Ekohallen strömförsörjs strålkastarna med hjälp av ett reservaggregat vars central är placerad på pelare i nära anslutning till belysningen. Centralen är dimensionerad för att under strömbortfall förse nödbelysningen med 12 V likström under minst 60 minuter, i enlighet med krav i BBR 5:353. Vid verkliga strömbortfall i Kärnan Köpcenter har dock reservaggregatet strömförsörjt nödbelysningen i över 120 minuter. I övriga delar av byggnaden är en del av lysrörsarmaturerna utrustade med integrerade batterier. Dessa kopplas in automatiskt vid strömbortfall. Uppgift om hur länge batterierna kan försörja lysrörsarmaturerna med ström saknas.

Figur 9.5. Nödbelysning i Ekohallen.

Rullband i entrén, som förbinder de båda våningsplanen, stannar automatisk vid aktivering av brandlarm. Dessa är handikappanpassade eftersom de saknar trappsteg samt har svag lutning.

9.4 Räddningstjänstens medverkan vid utrymning

Enligt uppgift från räddningstjänsten i Värnamo förväntas utrymningen vara klar då insatsstyrkan anländer. Vid de allra flesta tillbud då räddningstjänsten ingripit har det också varit så. I de fall då utrymning via fönster krävs bistår räddningstjänsten med stegutrustning. Detta gäller dock endast små utrymmen avsedda för personal och endast då primär utrymningsväg är blockerad.

9.5 Riskperspektiv på utrymning

Studier av utrymning har visat på att en stor del av den totala utrymningstiden bestäms av informationsinnehållet i det talade utrymningslarmet. För att ett sådant larm ska fungera tillfredställande skall det talade meddelandet vara utformat så att det ej missförstås eller förbises. Vidare skall det vara tydligt, kortfattat samt stämma väl överens med det verkliga händelseförloppet. Det talade meddelandet på köpcentret Kärnan har, av praktiska skäl, ej kunnat testas. Vidare i denna rapport antas dock larmet vara utformat på ett tillfredsställande sätt. Detta antagande styrks av fastighetsägare och räddningstjänst som omnämnts ovan.

Räddningstjänsten i Värnamo nämner, angående problem med utrymning, att besökare tenderar gå tillbaka in i byggnaden när larmet stängs av. Detta innebär ett stort problem för räddningstjänsten som då ska påbörja sin insats. Ett annat problem är att flertalet besökare väljer att gå ut samma väg som de kom in vilket i många fall kan förlänga utrymningstiden. Detta gäller särskilt då många utrymningsvägar i många fall är helt, eller delvis, blockerade och därmed svåra för en besökare att använda. Ett problem gäller även utrymning av handikappade. Vid en utrymning där de två rullbanden i lobbyn kan användas kan de handikappade ta sig ner för dessa rullband. Är rullbanden däremot otillgängliga måste de handikappade använda hissar eller få hjälp av personal eller räddningstjänst.

9.6 Kritiska förhållanden

Kritiska förhållanden är den gräns då personsäkerheten ej längre kan garanteras vid utrymning. För att bestämma denna gräns bör följande beaktas:

- **Temperatur.** Temperaturen för personer under utrymning får ej överstiga 80 grader Celsius
- **Strålning.** Maximala strålningsintensiteten uppgår för kortvarig, någon sekund, strålningsintensitet på 10 kW/m^2 eller en sammanlagd strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2. Ett alternativ är att använda maximal strålningsintensitet av 2,5 kW/m^2.
- **Brandgaslagrets höjd.** Den lägsta höjd på brandgaslagret får inte understiga 1,6+0,1*H meter över rumshöjd
- **Sikt.** Siktbarheten får ej understiga fem meter i brandrummet och tio meter i utrymningsvägarna. Då de lokaler som har studerats i denna rapport samtliga är stora till ytan, och har begränsad framkomlighet, har dock tio meter använts genomgående som kritisk gräns. Detta gäller även brandrummet.
- **Toxicitet.** Toxicitet kan vara för höga doser av giftiga gaser lika väl som för låga syrgashalter. Halter där utrymning säkert kan genomföras för de gaser som skall betraktas:

  CO < 2000 ppm
  CO_2 < 5 %
  O_2 > 15 %

De värdena som anges för CO_2 och O_2 har inte kontrollerats djupare i fortsättningen av denna rapport. Detta på grund av lokalernas stora volymer, samt att enkla handberäkningar har visat att dessa värden inte äventyrar besökarnas eller personalens säkerhet. Dessa enkla handberäkningar redovisas inte vidare i denna rapport.

9.7 Resultat av utrymningssimulering

Vid utrymningssimuleringarna har de utplacerade personerna tillhört kategorin *shoppers*. Beslut- och reaktionstiden har satts till normalfördelad (1 minut ± 15 sekunder)[6] i de fall personerna ej ser branden. I de fall då ett antal personer förväntas se branden har deras beslut- och reaktionstid satt till normalfördelad (30 ± 15 sekunder). Problem uppstår vid bedömning av varseblivningstiden då samtliga personer i en butik ej kan förväntas se branden. Ej heller är det rimligt att samtliga personer i butiken ska behöva vänta på att utrymningslarmet ska aktiveras. Varseblivningstiden antas då ligga någonstans mittemellan brandens uppkomst och detektionstiden. På grund av detta kommer utrymningstiderna för de enskilda butikerna, se *Tabell 9.2* nedan, att variera beroende på vilket scenario det gäller. Utrymningstiden måste då förlängas med detektionstiden, samt den tid det tar att spela upp det talade meddelandet, för de personer som ej ser branden. Dock har simuleringarna visat på att den totala utrymningstiden ej påverkas nämnvärt av vilka nödutgångar som är blockerade. Det pekar på att den totala utrymningstiden även är relativt oberoende av i vilken del av byggnaden brand uppstår. Vid granskning av resultat från brandsimuleringarna har denna variation i utrymningstid tagits i beaktande. I de fall då utrymningstiden endast är marginellt kortare än tiden till kritiska förhållanden används den längsta möjliga utrymningstiden.

Butik	**Utrymningstid (min)** *Exkl. varseblivning*
Ekohallen totalt	3,5
Ekohallen, säsongsmarknad	1,5
Ekohallen, stora hallen	2,0
AG:s Favör och Göfab	3,5
Jysk, Blic Optiker och Guldmagasinet	4,0
Stadium och Skinnkompaniet	2,5
Hela varuhuset	5,0

Tabell 9.2. Utrymningstid exklusive varseblivningstid

[6] Brandskyddshandboken

10. Brandscenarier

10.1 Val av brandscenario

Vid val av brandscenarier har följande frågeställningar studerats:

- Vilken brandbelastning finns i de olika lokalerna?
- Var i lokalen är större mängder brännbart material placerat?
- Kommer ett brandscenario förvärra utrymningssituationen?
- Finns det någon trolig brandorsak?
- Hur påverkas brandscenariot av det befintliga brandskyddet?

De scenarier som visat sig vara intressanta, vid beaktande av ovan nämnda frågeställningar, har analyserats vidare. De valda scenarierna beskrivs nedan.

10.2 Jysk Bäddlager (butik)

I Jysks butiksyta finns en stor brandbelastning i form av bland annat sängar och bäddmadrasser. Dessa utgörs i sin tur av material som vid brand producerar mycket sot och kolmonoxid, till exempel polyuretanskum. Jysk Bäddlager tillhör även den del av byggnaden som tog längst tid att utrymma. Dessa tre faktorer leder till att ett scenario med en anlagd brand, vid exempelvis sängutställningen, är intressant ur personsäkerhetssynpunkt. I detta scenario anläggs en brand i två sängar i sängutställningen, lättantändlig vätska av något slag antas användas.

Figur 10.1. Sängutställning i Jysk Bäddlager

Olika experimentellt bestämda effektutvecklingskurvor för sängar har studerats[7], men valet föll på en αt^2-kurva[8]. Valet av denna kurva motiveras med att den i effektutveckling motsvarar de värsta av de experimentella kurvorna samt att dess tillväxthastighet är något

[7] Initial fires, RHR, Smoke Production and CO Generation from Single Items and Room Fire Tests.
[8] Enclosure Fire Dynamics, USA, 2002

snabbare. Denna kurva har en maximal effektutveckling som är 910 kW/m^2 och en tillväxthastighet som är fast det vill säga $\alpha = 0.047$ kW/s^2. Då den lättantändliga vätskan antas spridas ut över de två sängar som utgör initialbranden, och på så sätt antänder hela ytan direkt, antas varje m^2 av branden tillväxa mot sin maximala effekt med $\alpha = 0{,}047$ kW/s^2.
Detta ger den totala branden följande utseende, maximal effektutveckling 3640 kW, tid till maximal effektutveckling 139 s (vilket motsvarar $\alpha = 0{,}188$ kW/s^2). Denna tillväxthastighet är inte alls otänkbar, den rekommenderade tillväxthastigheten för varuhusbränder är ultra fast[9], $\alpha = 0{,}19$ kW/s^2. Ett vidare antagande är att då initialbranden nått sin maximala effektutveckling så förblir den konstant. Detta motiveras med att bidraget till den totala effektutvecklingen från brandens spridning till närliggande sängpar, kompenserar för effektbortfallet då det första sängparet brinner ut.

I detta scenario antas som konstaterats i *9.2 Utrymningsstrategi* personer i lokalen sträva mot att gå ut samma väg som de kom in, d.v.s. de allra flesta kommer att röra sig mot 16, se *Figur 9.4*. Ett litet antal personer utrymmer genom nr.17, direkt till det fria. Dörren till Jysks lager antas stå uppställd som den gjorde vid tidpunkten för platsbesöket. Dock antas ingen utrymma den vägen då brandens placering är avskräckande. Utrymningsväg nr. 18 har bortsetts från då den är väldigt svår att upptäcka vid utrymning från Jysk och ingen information angående organisatoriskt brandskydd har varit tillgänglig.

10.2.1 Simulering i FDS

Syftet med denna simulering har varit att undersöka om kritiska förhållanden för utrymning kan inträffa vid en brand i Jysk Bäddlager. Datorprogrammet *FDS* har använts vid simulering av brand i Jysk Bäddlager. Detta på grund av lokalens komplexa utformning. För att verifiera resultaten från *FDS* har samma förlopp simulerats i *CFAST*. Resultat och antaganden från dessa simuleringar redovisas i *Appendix B2.1*.

I denna simulering med *FDS* har ett antal förenklingar och antaganden gjorts, dessa har samtliga diskuterats ingående för att nå ett så robust resultat som möjligt.

- Alla ytor är inerta. Detta är ett konservativt antagande då ingen värme leds ut ur brandvolymen
- Taklutningen i den här sektionen av byggnaden har approximerats med rätblock på bästa möjliga sätt.
- Bränslet har approximerats som polyuretan med soot yield=0,131 g/g och CO yield=0,060 g/g[10].
- Nödutgångar som används under utrymning antas öppnas samma sekund som rökdetektorn löser ut.
- Då både till och frånluft stängs av vid brand, se *4.3 Luftbehandlingssystemets funktion vid brand*, så har inte ventilationen tagits i beaktande vid simuleringen

Vid utvärdering av siktförhållanden i resultaten från *FDS,* har siktbarhetsgränsen på 10 meter uppskattats vid en höjd där de utrymmande påverkas.

Vid simuleringen har följande grid använts:
Över branden och en meter runt den utgörs griden av kuber med sidan 0,125 m. I resten av volymen utgörs griden av kuber med sidan 0,25 m.

[9] Enclosure Fire Dynamics, USA, 2002
[10] SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd Edition

10.2.2 Resultat

Rökdetektorn detekterar branden efter en minut, vilket innebär att varseblivningstiden för personerna i butikerna är 1 minut eller mindre. Tiden är hämtad från *FDS*.

Den del av lokalen där personer befinner sig längst är ytan vid trappa till utrymningsväg nr. 16. Detta är ytan utanför Blic Optiker, Guldmagasinet och Jysk. Personerna befinner sig här på grund av köbildning. Här uppstår kritiska förhållanden efter ca 3 minuter.

För fullständiga resultat se *Appendix B2.1*.

10.3 Stadium och Kläd & Skinnkompaniet

Anlagd brand har valts som brandorsak i detta scenario. Strax innanför entrén till Stadium förvarades under besöket runda klädställ med jackor. Branden antas starta i klädställ enligt skiss och sprida sig inåt lokalen. Samtidigt som klädställen sprider branden inåt lokalen brinner de även ut. Då varuutbudet i en sportaffär som Stadium varierar med årstiden kan inget material med säkerhet bestämmas som dimensionerande bränsle. Dock förutsetts bränslet i scenariot vara jackor av blandad sort. Brandens placering valdes med motivet att förvärra utrymningssituationen för kunderna. Om brandens placering antas skrämma kunder både i Stadium och i Skinnkompaniet från att använda samma ingång som de kom in igenom försvinner en utrymningsväg vilket försvårar utrymningen. På grund av lokalernas utformning skulle det krävas en orimligt stor brand för att blockera flera utrymningsvägar.

Figur 10.2. Klädställ i Stadium

Enligt litteratur[11] kan bränder i varuhus antas följa en utveckling enligt en αt^2-kurva, ultrafast, med ett α-värde på 0,19 kW/s^2. Ultrafastkurva väljs även för att få en så snabb tillväxt som möjligt vilket ger ett så kallat ”worst case scenario”. Björn Johanssons[12] försök med diverse jackor, *Appendix M*, tillväxte också i stort sett enligt en ultrafastkurva. I scenariot i Stadium antas branden tillväxa i 130 s vilket ger en effekt på runt 3,2 MW. Ett klädställ har ca 60 jackor och under försöket ovan brändes 110 jackor vilket motsvarar ungefär två klädställ. Med tanke på att klädställen samtidigt som de sprider branden inåt lokalen även brinner ut, kan effekten, efter tillväxtfasen, antas ligga runt 3,2 megawatt under hela den tid som är

[11] .Enclosure Fire Dynamics. USA, 2002
[12] Johansson, Björn. Experimentell data från klädbrandsförsök, 2003

intressant ur utrymningssynpunkt. Utöver klädställ finns det givetvis diverse brännbart material också på väggar och pelare inne i butiken, men de antas ingå i den ovan givna effekten. Jackorna antas i simuleringarna i *FDS* bestå av polyester.

I detta scenario antas, som konstaterats i *9.2*, personer i lokalen sträva mot att gå ut samma väg som de kom in, det vill säga de allra flesta kommer att röra sig mot den stora öppningen bredvid rulltrapporna och trappan som leder till utgång 1 och 2, *Appendix E Figur E4.* Dock antas ingen person gå till denna öppning under det simulerade scenariot på grund av rädsla för den fiktiva branden. I övrigt antas personfördelningen som utrymmer genom övriga utrymningsvägar vara relativt jämn.

10.3.1 Simulering i FDS

Syftet med denna simulering har varit att undersöka om kritiska förhållanden för utrymning kan inträffa vid en brand i Stadium och Kläd & Skinnkompaniet. För att verifiera resultaten från *FDS* har samma förlopp simulerats i *CFAST*. Resultat från dessa simuleringar redovisas i *Appendix B2.2*.

I denna simulering med FDS har ett antal förenklingar och antaganden gjorts, dessa har samtliga diskuterats ingående för att nå ett så robust resultat som möjligt.

- Alla ytor är inerta, detta är ett konservativt antagande då det betyder att ingen värme leds ut ur brandvolymen
- Taklutningen i den här sektionen av byggnaden har approximerats med rätblock på bästa möjliga sätt.
- Bränslet (polyester) har approximerats som polyuretan med soot yield=0,091 g/g och CO yield=0,070 g/g[13].
- Rökdetektorer har simulerats med hjälp av värmedetektorer med RTI=0,5 och aktiveringstemperatur=33°C[14].
- Nödutgångar som används under utrymning antas öppnas samma sekund som rökdetektorn löser ut.
- Då både till och frånluft stängs av vid brand, se *4.3 Luftbehandlingssystemets funktion vid brand*, så har inte ventilationen tagits i beaktande vid simuleringen

Vid utvärdering av siktförhållanden i resultaten från *FDS,* har siktbarhetsgränsen på 10 meter uppskattats vid en höjd där de utrymmande påverkas.

Vid simuleringen har följande grid använts. Över branden och en meter runt den utgörs griden av kuber med sidan 0,125 m. I resten av volymen utgörs griden av kuber med sidan 0,25 m.

[13] SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd Edition
[14] Brandskyddshandboken

10.3.2 Resultat

Rökdetektorn detekterar branden efter 40 s, vilket innebär att varseblivningstiden för personer i butikerna blir 40 s eller mindre. Tiden är hämtad från *FDS*.

I korridoren som förbinder Kläd & Skinnkompaniet och Stadium erhålls kritiska siktförhållanden vid 60-80 s, temperaturen i detta skede hotar inte personsäkerheten.

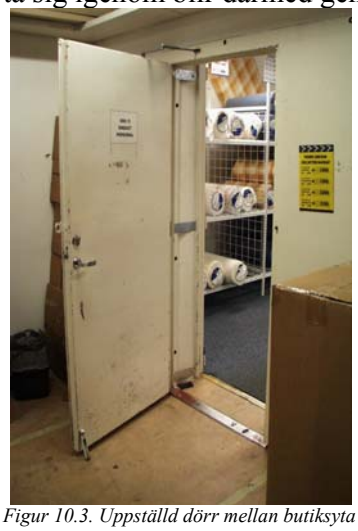
I Kläd & Skinnkompaniets butiksyta erhålls kritiska siktförhållanden över hela ytan vid 200 s, temperaturen vid denna tid utgör inget hot mot personsäkerheten. Kläd & Skinnkompaniet är utrymt innan dess.

I Stadiums butiksyta erhålls kritiska siktförhållanden vid utrymningsvägarna efter ca 2 minuter och över hela ytan efter 2-2,5 minuter. Enligt simuleringar i Simulex kan personer vid dessa tider sannolikt befinna sig i lokalen, och detta under förflyttning mot utgångar i lokalen. Temperaturen hotar dock inte personsäkerheten förrän efter ca 10 minuter.

För fullständiga resultat se *Appendix B2.2*.

10.4 Jysk Bäddlager (lager)

Syftet med att simulera brand i lagret i Jysk Bäddlager var att se om dörren som stod uppkilad, och den mycket höga brandbelastningen, skulle kunna äventyra säkerheten för kunder och personal. Lagret och butiken är avskilda brandceller och samtliga ventilationsgenomföringar är utrustade med brandspjäll. Det enda sättet för brandgaserna att ta sig igenom blir därmed genom dörren. Scenariet simulerades i *CFAST*.



Figur 10.3. Uppställd dörr mellan butiksyta och lager. Dörren är ej magnetupphängd

Varorna i lagret bestod av mycket polyuretanskum och låg delvis ovan- eller tätt under lysrörsarmaturer vilket ger en hög risk för antändning. Enligt Ulf Erlandsson, Brandutredare vid räddningsverket, finns dokumenterade fall då bränder startat genom att glimtändaren överhettats och smält. Den smältande glimtändaren antänder polyuretanskum som i sin tur antänder andra lättantändliga varor vilket leder till att branden sprider sig snabbt i pallstället.

10.4.1 Resultat

Utrymningssimuleringar har visat på att lagerlokalen utryms på ca 1,5 minuter. Resultat från brandsimuleringar har visat på att kritiska förhållanden ej uppnås inom denna tid. Vidare är risken för att kunderna i butiken ska påverkas av brandgaser under utrymningsfasen liten. För fullständiga resultat och antaganden se *Appendix B2.3*.

10.5 Ekohallen

I detta scenario antas brand uppkomma i Ekohallens stora hall som har högre takhöjd än övriga delar av butiksytan. Denna del av Ekohallen har en hög brandbelastning i form av bl a målarfärg, oljor och lösningsmedel, se *Figur 10.4* och *10.5*. Utrymningssimulering i *SIMULEX* har visat på att kritiska förhållanden ej får uppnås inom 2-3 minuter utan att äventyra personsäkerheten. Detta scenario antas, vid en kvalitativ bedömning av brandskyddet, ej vara dimensionerande. För att bekräfta detta antagande har ett flertal simuleringar, med olika förutsättningar, utförts.

Figur 10.4. Brandbelastning i Ekohallen.

Figur 10.5. Brandbelastning i Ekohallen.

Enligt figurerna ovan används lokalens väggar för att visa upp varor. Detta bidrar till en hög effektutveckling och snabb brandtillväxt vid brandspridning.

Lokalen är utrustad med brandgasventilatorer, se planritning *Appendix E Figur E4*. Dessa är förseglade med smältbleck och är alltså inte kopplade till rökdetektorer. Smältblecken smälter vid ca 70 ^{o} C. I simuleringarna antas ventilatorerna öppnas ca 1 minut efter att rökdetektorerna detekterat brand. Hur snabbt rökdetektorerna reagerar bedöms utifrån brandens tillväxthastighet. Dessa bedömningar har verifierats med datorprogrammet *DETACT- T2*. I verkligheten kommer sannolikt ventilatorerna öppnas lite tidigare än i simuleringarna. Detta antagande har gjorts för att ytterligare verifiera bedömningen att ett scenario i Ekohallen med största sannolikhet ej är dimensionerande.

Brandeffekten har i samtliga simuleringar kvalitativt uppskattats till 5-7 MW. Denna effektutveckling har ej verifierats med beräkningar, eller experimentella data, på grund av lokalens varierande brandbelastning. Detta är dock en tämligen hög effekt och har använts för att motsvara ett värsta rimliga scenario i lokalen med avseende på lokalens geometri och brandbelastning. Däremot har tillväxthastigheten varierats på grund av att det i lokalen förvaras ett flertal olika material. Branden antas då i värsta fall tillväxa enligt αt^2 *Ultrafast*, vilket motsvarar antändning av lättantändliga vätskor och därmed snabb brandspridning. I bästa fall antas branden tillväxa enligt αt^2 *Fast*, vilket motsvarar antändning av exempelvis trädgårdsmöbler och/eller plastmaterial. De olika brandförloppen har simulerats i *CFAST*. Resultaten har verifierats med hjälp av kompletterande simuleringar i *ARGOS*.

10.5.1 Resultat

Utrymningssimuleringar har visat på att Ekohallens stora hall utryms på ca 2 minuter exklusive varseblivingstid. Varseblivningstiden antas i denna lokal vara tämligen kort. Detta eftersom de besökare som vistas där har god överblick över skeendet och snabbt upptäcker branden. Förmodligen kommer varsebliving ske innan eller i samband med detektion vilket leder till att utrymningstiden sannolikt ej överstiger 3 minuter. I brandsimuleringar uppstår kritiska förhållanden först efter ca 4 minuter, och detta i det värsta fallet då branden tillväxer enligt αt^2 *Ultrafast* och endast en brandgaslucka har öppnats. Resultaten styrker alltså bedömningen att brand i Ekohallen sannolikt ej är dimensionerande. För fullständiga resultat och antaganden se *Appendix B2.4*.

10.6 Dimensionerande brandscenario

Dimensionerande brandscenario definieras som det brandförlopp som används för dimensionering av exempelvis utrymningssäkerhet eller bärförmåga. I detta i arbete avser dock dimensionering endast utrymningssäkerheten. Brandsimuleringar har visat på att kritiska förhållanden, i utrymningsfasen, uppnås med högre sannolikhet på övervåningen än på bottenvåningen. Med andra ord påverkas utrymningsförloppet i högre grad av att huvudentréerna ej kan användas för utrymning. Vidare är lokalerna på övervåningen utformade på ett sådant sätt att en brand lättare kan påverka utrymningen över en större del av våningsplanet. I fallet Ekohallen är brandrummet så stort att en brand sannolikt ej kommer att påverka utrymningsfasen. Utifrån detta resonemang bedöms scenarierna Jysk Bäddlager (butik) och Stadium/Kläd & Skinnkompaniet vara dimensionerande.

10.7 Sammanställning av resultat från brandsimuleringar

Scenario	Tid för utrymning exkl. varseblivningstid	Tid för utrymning inkl. varseblivningstid	FDS, Tid till kritiska förhållanden*	CFAST, Tid till kritiska förhållanden*
Jysk, Blic Optiker och Guldmagasinet	4 min	4+1 min	3 min	4 min
Stadium och Skinnkompaniet	2,5 min	2,5 min + 40 sek	2 min	> 3 min
Jysk lagerlokal	-	1,5 min	-	4,5 min (butiksyta) 1,5 min (lageryta)
Ekohallen Stora hallen	2 min	2 + 1 min	-	4 min

Tabell 10.1. Resultat från brandsimuleringar

Enligt *Tabell 10.1* ovan uppnås kritiska förhållanden i Jysk Bäddlagers lagerlokal vid ungefär samma tidpunkt som lokalen utryms. Dock bedöms ej detta scenario bli kritiskt eftersom de personer som vistas där uteslutande är personal. Dessa personer kan antas ha god lokalkännedom och därför är deras utrymningstid sannolikt mindre än vad resultatet visar på.

11. Slutsats/Diskussion

Brand- och utrymningsberäkningar gällande Kärnan Köpcenter har i många avseende visat på att brandskyddet är förhållandevis bra. Utförandet skiljer sig dock en del från liknande modernare byggnader. På senare tid har det blivit allt vanligare att branddörrar och jalusier ersätts med sprinkler. Vad gäller Kärnan finns också långtgående planer på att installera sprinkler. Fastighetsägaren ämnar då installera sprinkler endast i entrédelen av byggnaden i syfte att kunna ta bort befintliga brandportar och jalusier. En kvalitativ bedömning är dock att en sådan åtgärd har liten eller obefintlig effekt på brandskyddet. Detta eftersom entrédelen är den del av byggnaden som har lägst brandbelastning. Med utgångspunkt i att brand sannolikt uppkommer i någon av butikerna kommer sprinklerns effekt vara liten. Dessutom kan sprinklern verka kylande på de brandgaser, som kan strömma ut från en butiksbrand, och därigenom försämra förhållandena för utrymning i entrén. För att uppnå önskad effekt bör i så fall hela den publika delen av byggnaden samt eventuellt lagerlokaler utrustas med sprinkler, vilket har gjorts i många andra liknande lokaler.

Ett alternativ till sprinkler skulle kunna vara att installera brandgasventilatorer. De beräkningar som gjorts angående befintlig brandgasventilation i Ekohallen har visat på ett väl fungerande brandskydd. Liknande lösningar skulle sannolikt kunna användas även i andra delar av byggnaden. Detta gäller särskilt i Jysk Bäddlager och Stadium där kritiska förhållanden kan uppstå inom utrymningstiden. Vidare pekar flera resultat på att de befintliga brandcellsgränserna, som avskiljer entrén från de olika butikerna, ej spelar en särskilt avgörande roll. Naturligtvis är dessa gränser viktiga i de fall då en stor mängd brandgaser kan nå ut till entrén. Dock skulle troligtvis installation av brandgasventilation förhindra detta lika väl som en brandskyddsport. I den här rapporten har inga beräkningar eller simuleringar gjorts för att verifiera detta påstående. Slutsatsen bygger istället på en kvalitativ bedömning, vad gäller brandgasspridning, utifrån simuleringsresultat.

Resultaten visar på att kritiska förhållanden sannolikt uppnås innan samtliga personer hunnit utrymma lokalen dels i Jysk Bäddlager och dels i Stadium. Detta beror på relativt hög brandbelastning, butikernas inredning samt gångavstånd till närmsta utrymningsväg. Dessutom ligger båda butikerna på Kärnans övervåning. I båda fallen uppfylls kraven, enligt BBR, vad gäller gångavstånd men ett flertal av de primära utrymningsvägarna används ej i någon större utsträckning i en verklig utrymningssituation. Vad gäller inredningen är de båda butikerna trängre än exempelvis Ekohallen vilket leder till att utrymning blir svårare att genomföra även om Ekohallen ytmässigt är avsevärt mycket större.

En del av syftet med projektet var att granska Kärnans organisatoriska brandskydd. De fakta som var av intresse var då hur eventuellt förebyggande brandskyddsarbete fungerar, dels i varje butik och dels i köpcentret i stort. Vidare är det intressant att se vilken funktion de anställda har i händelse av brand. Enkäterna har dock inte kommit gruppen tillhanda, av okänd anledning. Därför har inte resultaten kunnat kompletteras med värdefull information från personer som vistas i byggnaden dagligen. Detta har lett till att fler antaganden och förenklingar av utrymningssimuleringar har tvingats fram. Till exempel har möjligheten att de anställda kan vara besökare behjälpliga vid utrymning bortsetts ifrån. Det är beklagligt att denna punkt fallit bort ur projektet. När det gäller stora objekt, som Kärnan Köpcenter, är det extra viktigt att alla delar av verksamheten samverkar för att aktivt förebygga tillbud. Det är också viktigt att aktivt arbeta för att göra förutsättningarna för utrymning så goda som möjligt.

I övrigt bör nämnas, angående projektet i stort, att de kvalitativa bedömningar som gjordes vid objektsbesök stämmer väl överens med resultatet. Många av brandskyddets svaga punkter var tämligen enkla att identifiera, till exempel ansamlingar av brännbart material i utrymningsvägar, trångt inredda butiker och avsaknad av sprinkler alternativt brandgasventilation. Dessa punkter är dock både fastighetsägare och räddningstjänst medvetna om. Förhoppningen är att åtgärder kommer att vidtas, från fastighetsägarens sida, för att upprätthålla och förbättra brandskyddet. Detta gäller särskilt med tanke på den planerade ombyggnationen. Då det i rapporten görs jämförelser med BBR, används det mer som en riktlinje för hur en brandsäker byggnad skall vara utformad. I vissa avseenden gäller inte BBR retroaktivt.

12. Förslag till åtgärder

Då det vid ett tillbud kan bli kritiska förhållanden i Jysk, Stadium och Skinnkompaniet måste personsäkerheten förbättras. Detta kan lösas på ett flertal sätt. På övervåningen kan brandgasventilation, naturlig eller mekanisk, installeras. På bottenvåningen är naturlig ventilation uteslutet förutom i Ekohallen som också har brandgasluckor installerade. En annan åtgärd är att helsprinkla Kärnan. Oavsett vilket alternativ som väljs måste det utredas noga, vilket det inte har funnits utrymme till i detta projekt.

Utrymningsvägar *skall* vara säkra och möjliga att använda[15]. Under rundvandring på Kärnan var ett flertal utrymningsvägar belamrade helt eller delvis. Detta trots att fastighetschefen förvarnat butiksinnehavarna om rundvandringen så att utrymningsvägarna skulle hållas rena. Utrymningsvägarna *skall* rensas följt av ändrade rutiner hos butiksinnehavarna och bättre kontroll från räddningstjänsten i Värnamo. En metod är att bygga bort problemen exempelvis genom att montera någon stålstolpe i mitten av de berörda utrymningsvägarna så att lastpallar och liknande ej kan placeras i utrymningsvägen. Dörrar i utrymningsvägar *bör* förses med skyltar på båda sidor, *nödutgång* på ena sidan och *nödutgång får ej blockeras* på andra för att förhindra blockering.

Dörrar mellan brandceller *skall* förses med automatiska dörrstängare[16] i de fall där de saknas. Det fall som upptäcktes under besöket på objektet var en dörr utan automatisk dörrstängare mellan Jysk och Jysk lager. I detta fall uppstod ej nämnvärda problem med brandgasspridning ut till butiksyta, vid brandsimulering, men åtgärden bedöms ändå vara rimlig ur ekonomisk synvinkel. Dessutom minimeras risken för brandgasspridning i händelse av ett annat brandförlopp än det som behandlats i denna rapport.

Inomhusbrandposter *skall* vara tillgängliga[17] varför blockerade inomhusbrandposter måste frigöras.

Skyltar som märker ut utrymningsvägar i samlingslokaler som Kärnan *skall* utformas enligt AFS 1997:11 och *skall* alltid vara genomlysta av inbyggd belysning. I Kärnan uppfyller de flesta utrymningsskyltarna dessa krav, men några skyltar i utrymningsvägar uppfyller inte kraven och skall bytas ut och förses med belysning.

Fastighetsägaren och innehavarna av de olika butikerna *bör* utarbeta rutiner för åtgärda de anmärkningar som fås från räddningstjänsten vid brandskyddsbesiktning[18].

Fastighetsägare och butiksinnehavare *bör* se till att de anställda vet vad deras uppgift är vid ett brandtillbud, bland annat evakuering av handikappade och hantering av handbrandsläckare. Genom att utbilda personalen i hantering av utrymningssituationer kan ett utrymningsförlopp sannolikt ske mer effektivt.

Dörrarna i huvudentrén *skall* förses med någon anordning som håller dörrarna öppna under hela utrymningen, även vid strömbortfall. Detta kan exempelvis lösas genom att koppla dörrarna till brandlarmet.

[15] BBR 5:3
[16] BBR 5:61
[17] BBR 5:93
[18] Meddelande från Räddningsverket 2001:2 Systematiskt brandskyddsarbete Allmänna råd

Samtliga elektriska installationer som kaffebryggare, vattenvärmare, kokplattor, spisar med mera i kök, personalrum och liknande, *bör* förses med timer. Detta för att förebygga risk för uppkomst av brand i dessa utrymmen.

Handbrandsläckare *bör* hänga på sin respektive upphängningsanordning och inte vara placerade på golvet som några stycken var under besöket på objektet, då det kan förvirra vid ett brandtillfälle.

Utrymningsskylt inuti Blic optiker *bör* göras synlig även för personer under utrymning från Jysk Bäddlagers butiksyta. Detta för att minska risken för köbildning vid utrymningsväg vid trapphuset som leder till utgång 16, se *Appendix E Figur E3*.

Figur 12.1. Bild över belamrad utrymningsväg.

Figur 12.2. Bild över blockerad utrymningsväg.

Figur 12.3. Bild över blockerad brandpost.

Figur 12.4. Inåtgående dörr i utrymningsväg

12.1 Verifiering av åtgärdsförslag

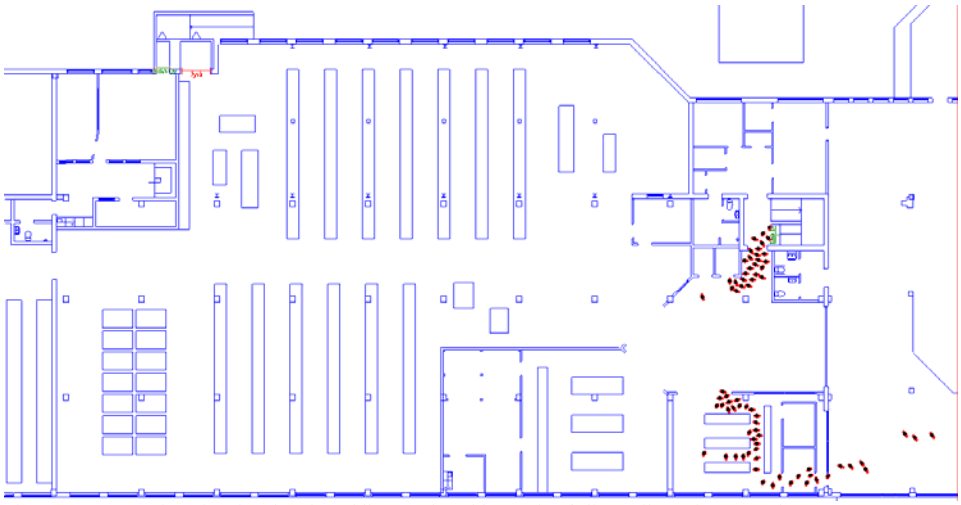
Vissa av ovan föreslagna åtgärder har verifierats med hjälp av kompletterande simuleringar. Dessa gäller utrymning från Jysk Bäddlager och Guldmagasinet/Blic Optiker. I Stadium och Kläd & Skinnkompaniet antas det stora antalet utrymningsvägar minska betydelsen av nedanstående föreslagna åtgärder. Vidare uppstod ej samma problem med köbildning i utrymningssimuleringar i Stadium och Kläd & Skinnkompaniet.

12.1.1 Utrymningsskylt utanför Guldmagasinet/Blic Optiker

Vid objektsbesök uppmärksammades en dåligt markerad utrymningsväg i Guldmagasinet/Blic Optiker. Denna utrymningsväg har ej tagits i beaktande vid utrymningssimuleringar. Dock föreligger sannolika skäl att tro att denna utrymningsväg skulle underlätta utrymning. För att bekräfta denna bedömning har verifierande simulering i *Simulex* utförs, där denna utrymningsväg faktiskt används. I denna simulering har antagit att ungefär lika många besökare använder utrymningsväg genom Guldmagasinet/Blic Optiker som utrymningsväg via trapphus till utgång nr. 16. Resultatet visar på att utrymningstiden förkortas till ca 4 minuter, mot ursprungliga ca 5 minuter.

12.1.2 Organisatorisk åtgärd

Vid objektsbesök uppmärksammades bristfällig ordning. Detta samt tillgänglig tillbudhistorik visar på att förståelsen för brandsäkerhet i många fall är liten bland personalen, se *Appendix F*. På grund av uteblivet enkätsvar har denna bedömning ej kunnat förkastas varför personalens medverkan i utrymning ej har tagits i beaktande. I syfte att studera effekten av personalens medverkan vid utrymning har kompletterande utrymningssimuleringar utförs. I dessa simuleringar antas då personal visa besökare från Jysk Bäddlager mot utrymningsvägen i Guldmagasinet /Blic Optiker. Resultatet visar på att utrymingstiden i detta fall kan förkortas med en halv minut. En förbättring av utrymningsskyltens tydlighet och det organisatoriska brandskyddet skulle alltså kunna resultera i en utrymningstid på ca 3,5 minuter, mot ursprungliga 5 minuter.



Figur 12.5. Utrymningssituation, i Jysk Bäddlager och Guldmagasinet/Blic Optiker, efter ca 3 minuter.

13. Referenser

Argos Theory Manual, edited by Bjarne Hustad, Hvidovre, 2002.

BBR 94, *BFS 1993:57,* Boverket, Stockholm, 1993.

Brandskyddshandboken. Rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002.

DiNenno, Philip J, *SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd Edition*, USA, 1995.

Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical Reference Guide. NISTIR 6783, 2002 Edition.

Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User's Guide. NISTIR 6784, 2002 Edition.

Frantzich, Håkan. *Användarmanual till SIMULEX ver 1.1.* Institutionen för brandteknik, Lunds Universitet, Lund, Sverige, 1997.

Frantzich, Håkan. *Study of movement on stairs during evacuation using video analysing techniques.* Rapport 3079, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 1996.

Frantzich, Håkan. *Tid för utrymning vid brand,* Räddningsverket, Räddningstjänstavdelningen, rapport P21-365/012, Karlstad 2001.

Interflam 2001, Fire Science and Engineering Conference, Edinburgh, 2001.

Johansson, Björn. *Resultat från garderobsbrand 2003-10-03.* Rapport 5130 (opublicerad), Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2003.

Karlsson, Björn. Quintiere, James G. *Enclosure Fire Dynamics.* USA, 2002.

Räddningsverkets allmänna råd 2001:2, Systematiskt brandskyddsarbete - allmänna råd och kommentarer.

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

Elektroniska källor:
www.nist.gov
www.nfpa.org

Muntliga källor:
Almqvist, Fredrik, fastighetschef, Fastighets AB Corallen, *samtal.*
Erlandsson, Ulf, brandutredare, Statens räddningsverk, *e-post.*
Gojkovic, Daniel, universitetsadjunkt, Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola i Lund, *samtal.*
Jensen, Lars, professor, Avdelningen för installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola i Lund, *samtal.*
Johansson, Ingvar, fastighetsskötare, Värnamo Fastighetsservice AB, *samtal*

Jönsson, Robert, universitetslektor, Avdelningen för brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola i Lund, *samtal.*
Roos, Annika, brandingenjör, riskhanteringsingenjör, Räddningstjänsten Värnamo. *Samtal och e-post.*
Svensson, Dan, brandmästare, Räddningstjänsten Värnamo, *samtal.*

Appendix

A. Utrymning

A1. Personantal

Kärnan har som mest besökare runt storhelger och därför har antalet besökare mellan klockan 12-13 den 22 december 2001 använts som grovt riktvärde för personantalet i SIMULEX. Detta stora personantal har valts för att så svåra utrymningsförhållanden som möjligt skall gälla. Besökstatistiken har hämtats från Fastighets AB Corallen. Enligt fastighetsägaren kan antagandet göras att 80 % av de besökare som går in antingen via Malmövägen eller via baksidan är inne i byggnaden under den aktuella mättimmen. Vidare visar besökstatistiken i *Appendix G* att i genomsnitt 35% av besökarna går upp på övervåningen.

Omkring 1800 personer går in i Kärnan antingen via Malmövägen eller via stora parkeringen på baksidan. Av dessa stannar 80 % under den aktuella timman vilket ger 1440 personer. Om 35 % av dessa går upp till övervåningen skulle runt 500 personer befinna sig där under den aktuella mättimmen. Dessa värden går inte att ange mer exakt än så på grund av ett flertal orsaker som människors transport mellan olika butiker, rea i en viss butik och liknande.

Butik	**Antal personer inlagda i SIMULEX**
Eko-hallen + Säsongsmarknad	500
AG:s Favör	260
Göfab	120
Undre lobbyn	60
Stadium	150
Jysk, Blic optiker och Guldmagasinet	200
Stigs Café med övre lobbyn	70
Skinnkompaniet	70

Tabell A1.1. Persontäthet vid utrymningssimulering i SIMULEX

A2. Utrymningssimulering

Samtliga utrymningssimuleringar har gjorts med hjälp av datorprogrammet *SIMULEX*. För beskrivning av *SIMULEX* se *Appendix D1*.

A3. Resultat av utrymningssimulering

I *Diagram A3.1* nedan redovisas ett exempel på hur många personer som passerar genom alla nödutgångar under en utrymningssimulering. Av diagrammet framgår även reaktionstiden på ca 1 minut.

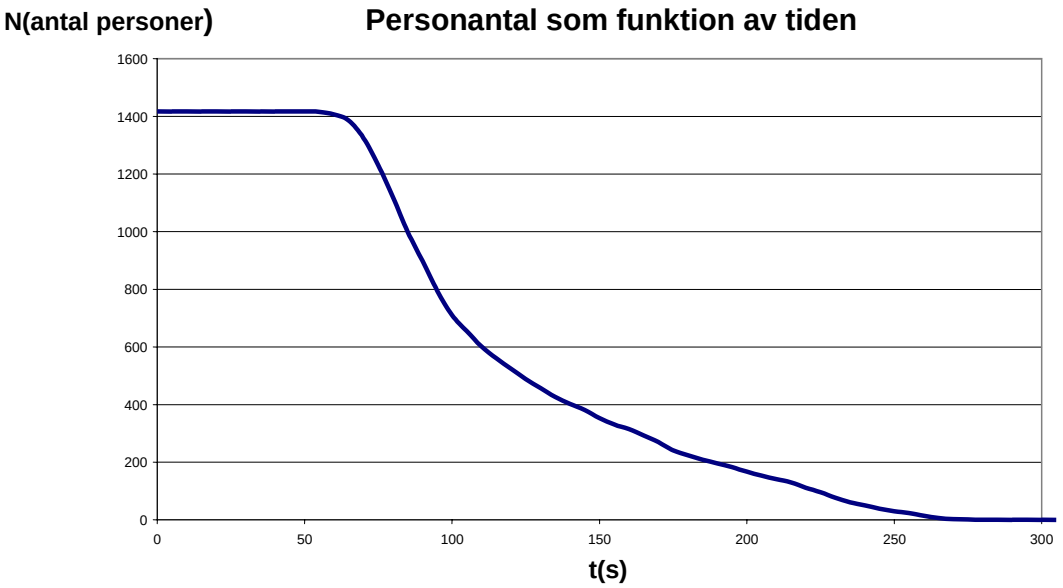
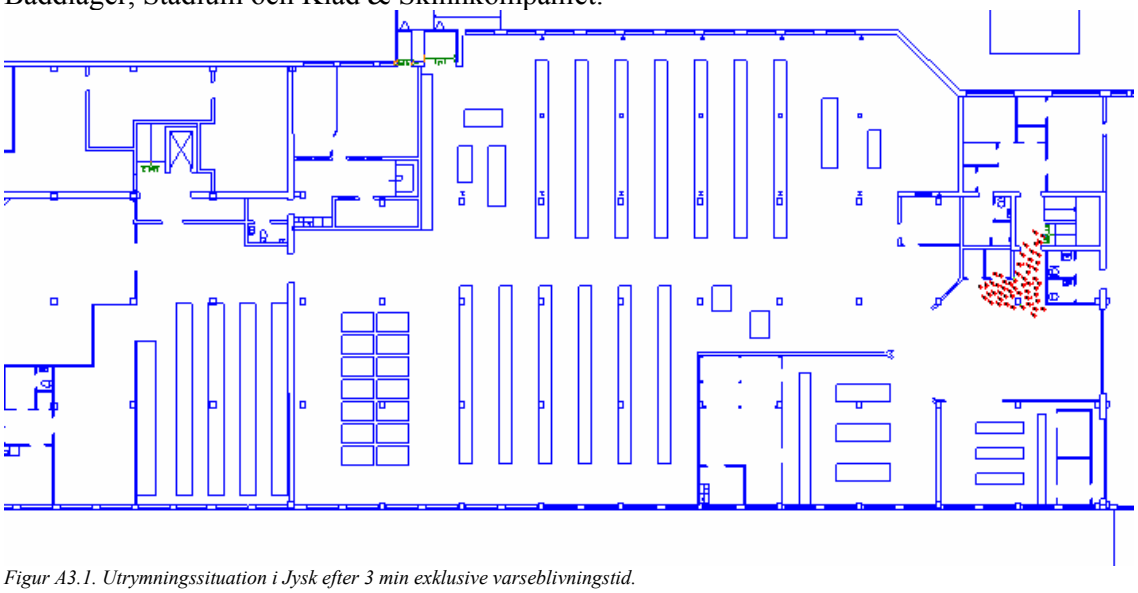
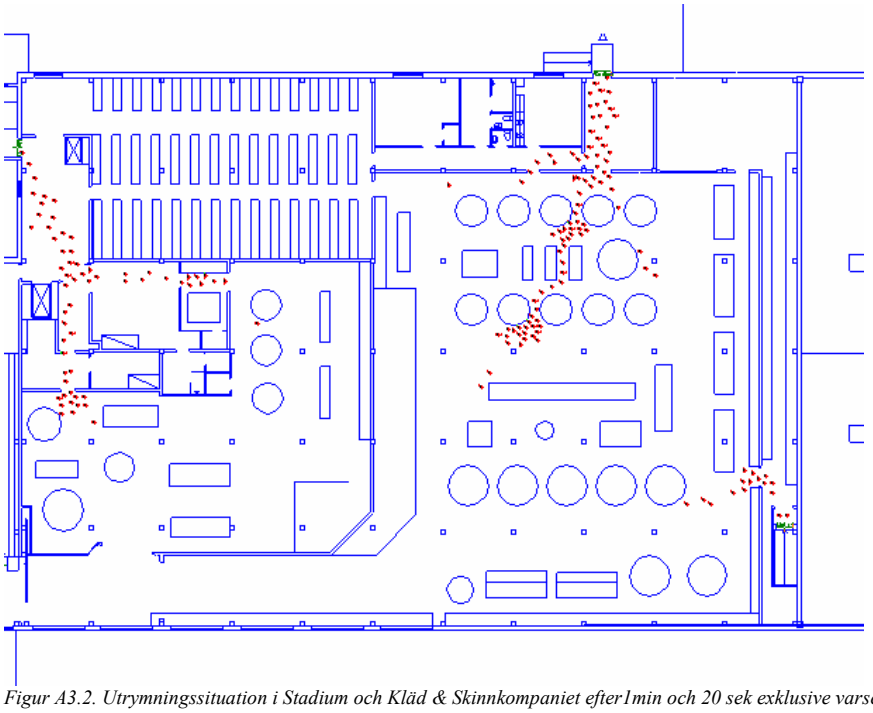


Diagram A3.1. Antal personer i byggnaden som funktion av tiden, beräknat utifrån antal personer som passerar en nödutgång under ett tidsintervall av fem sekunder.

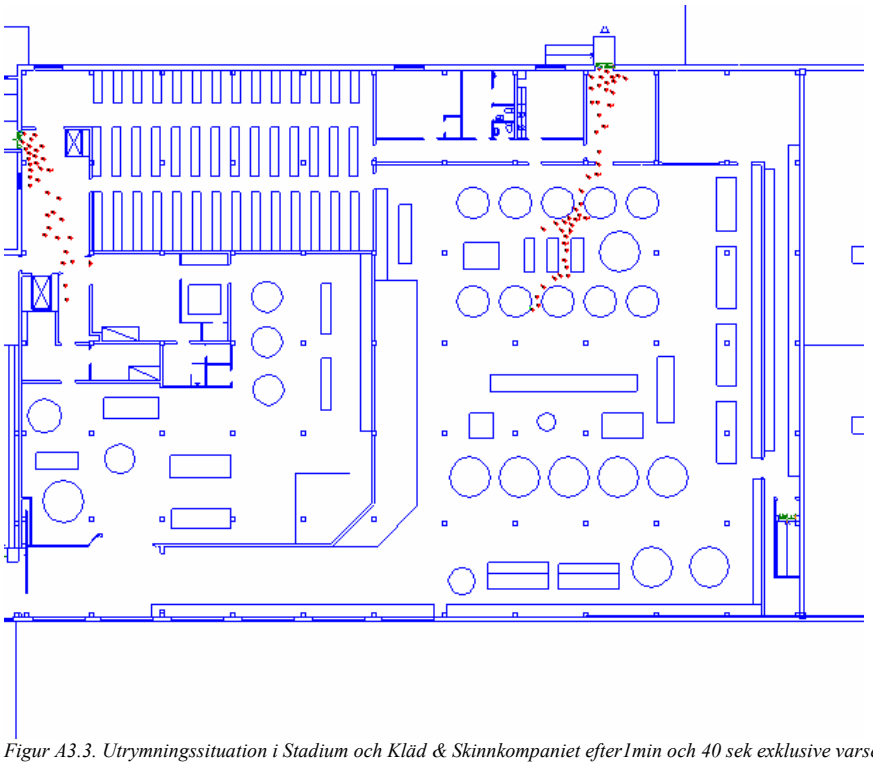
Figur A3.1-3 nedan illustrerar hur köbildning och proppar uppkommer vid olika scenarier. Samtliga figurer visar bilder från utrymning vid dimensionerande brandscenarier i Jysk Bäddlager, Stadium och Kläd & Skinnkompaniet.



Figur A3.1. Utrymningssituation i Jysk efter 3 min exklusive varseblivningstid.



Figur A3.2. Utrymningssituation i Stadium och Kläd & Skinnkompaniet efter1min och 20 sek exklusive varseblivningstid



Figur A3.3. Utrymningssituation i Stadium och Kläd & Skinnkompaniet efter1min och 40 sek exklusive varseblivningstid

B. Brand

B1. Simulering av brand

De dimensionerande brandscenarierna har simulerats i CFD-modellen *FDS.* Dessa har sedan verifierats i tvåzonsmodellen *CFAST*. Övriga brandscenarier har simulerats i *CFAST*. I de fall då resultatet varit osäkert, eller krävt vidare analys, har verifierande simuleringar gjorts i tvåzonsmodellen *ARGOS*. För ingående beskrivning av de använda simuleringsprogrammen se *Appendix D*.

B2. Resultat av brandsimulering

B2.1 Jysk Bäddlager (butik)

I. Simulering i FDS

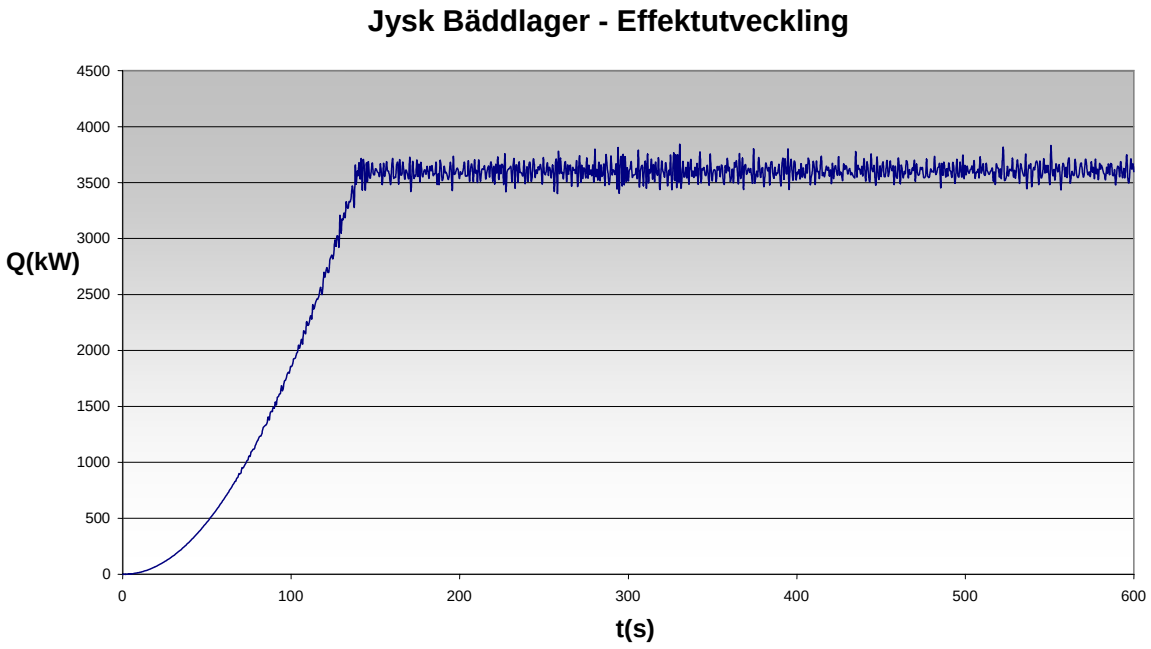
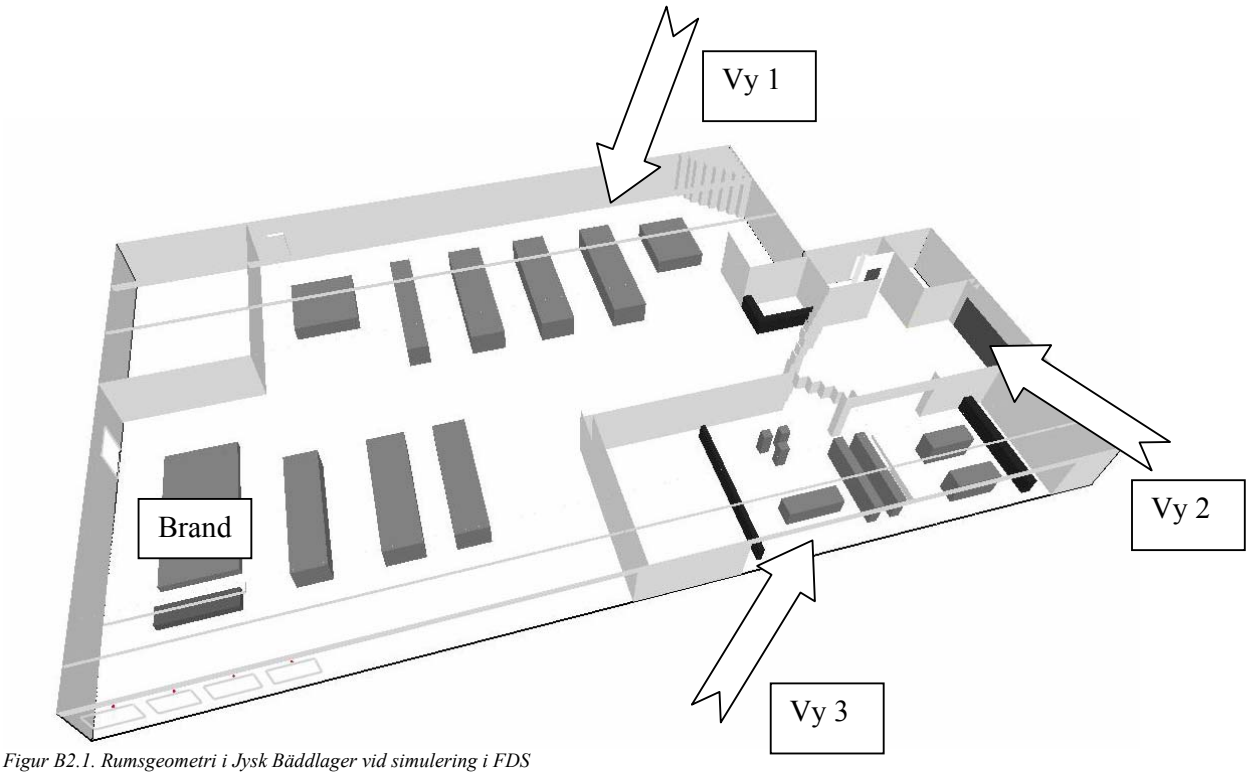


Diagram B2.1. Effektutveckling i Jysk Bäddlager vid simulering i FDS

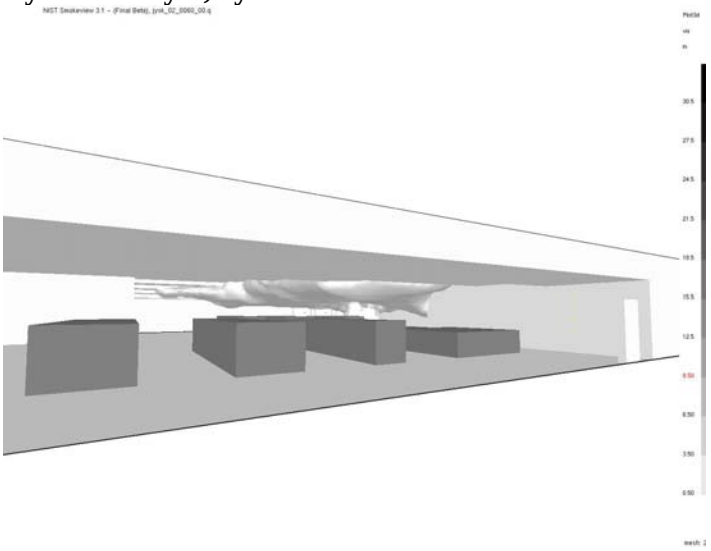
Som detta diagram tydligt visar så erhålls förväntad effekt vid simulering.

För att tydliggöra resultaten har följande sektionering av lokalen utförts:

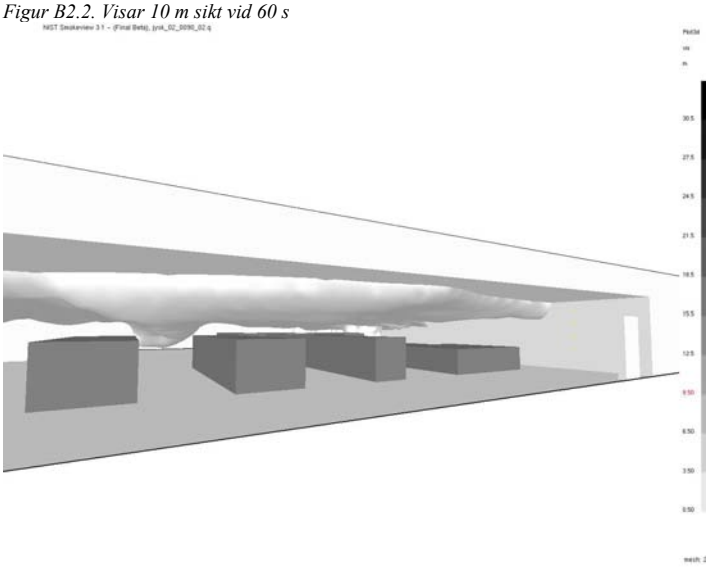


Figur B2.1. Rumsgeometri i Jysk Bäddlager vid simulering i FDS

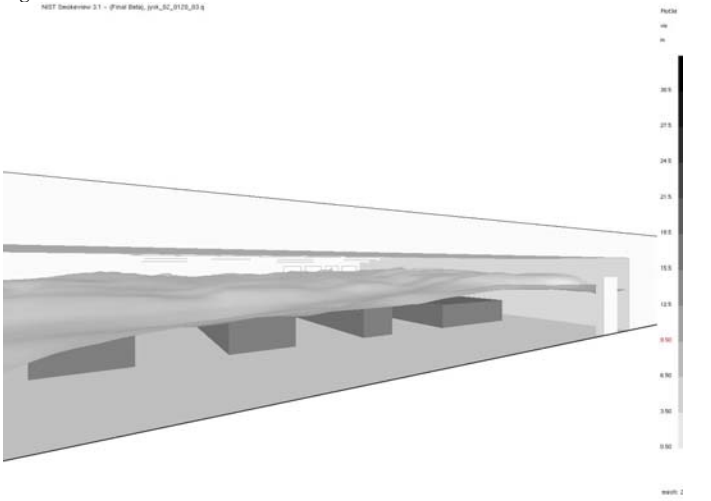
Vy 1: Butiksyta, Jysk



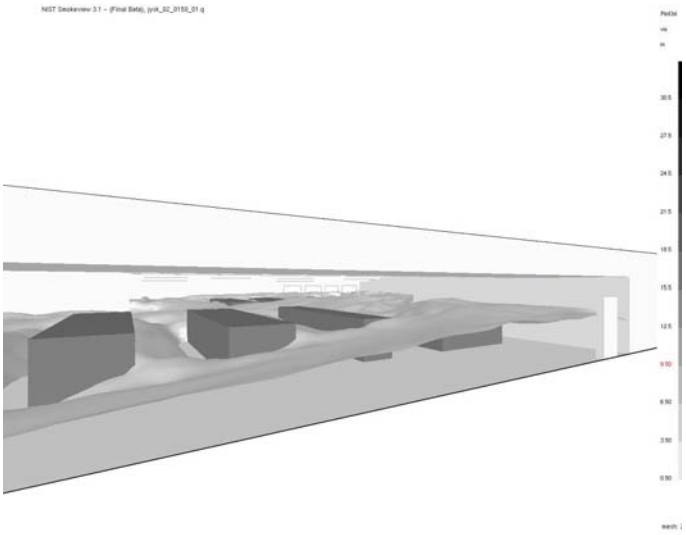
Figur B2.2. Visar 10 m sikt vid 60 s



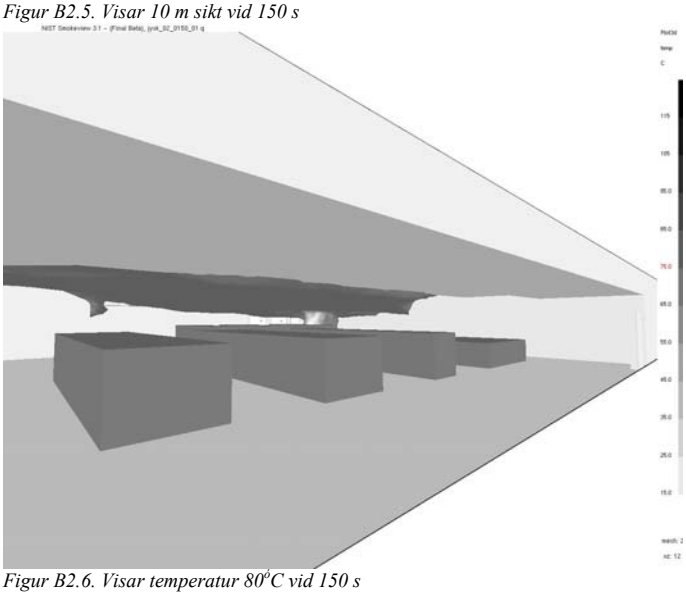
Figur B2.3. Visar 10 m sikt vid 90 s



Figur B2.4. Visar 10 m sikt vid 120 s

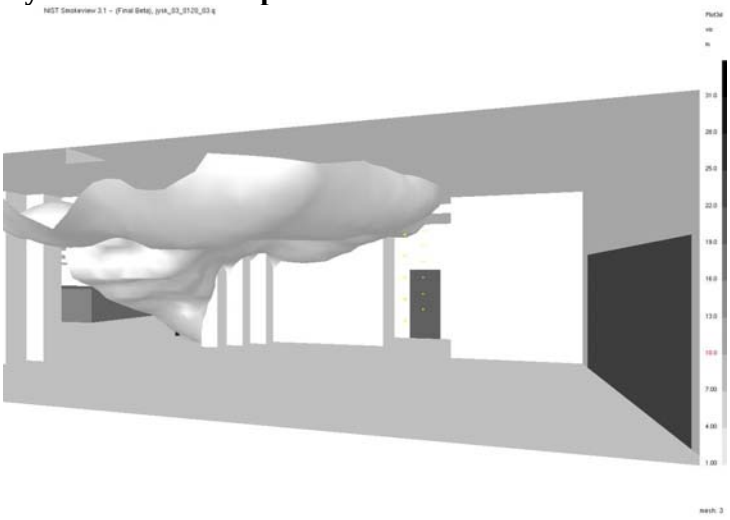


Figur B2.5. Visar 10 m sikt vid 150 s

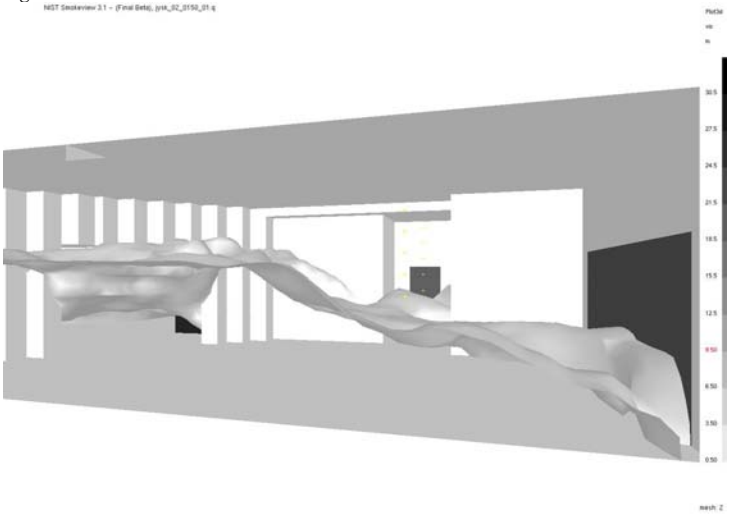


Figur B2.6. Visar temperatur 80^{0}C vid 150 s

Vy 2: Yta vid brandporten

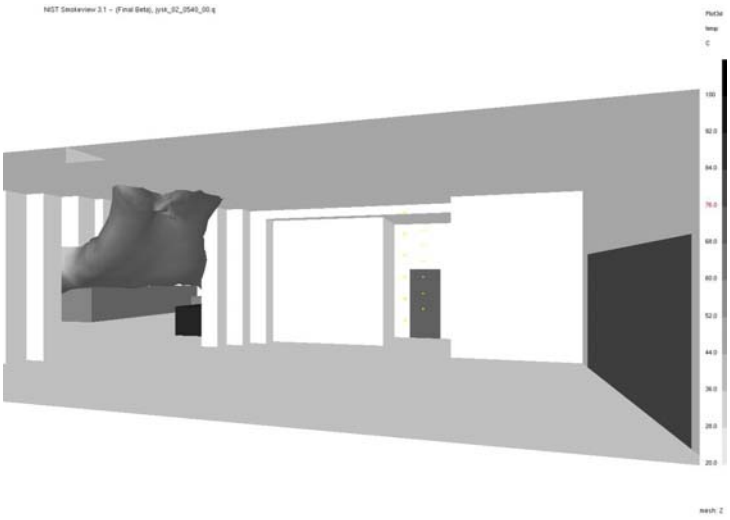


Figur B2.7. Visar 10 m sikt vid 120 s



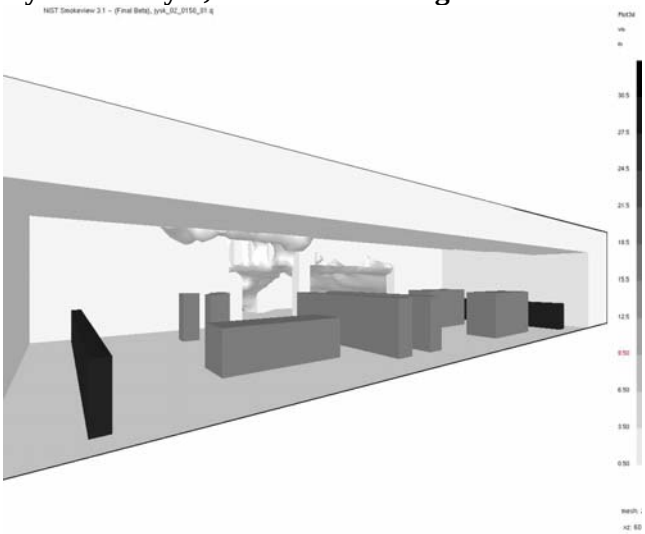
Figur B2.8. Visar 10 m sikt vid 150 s

Figur B2.9. Visar 10 m sikt vid 180 s

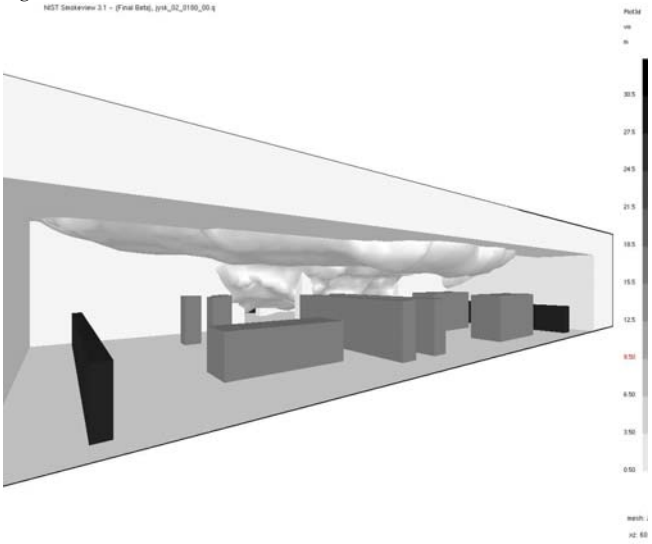


Figur B2.10. Visar 80ºC temperatur vid 540 s

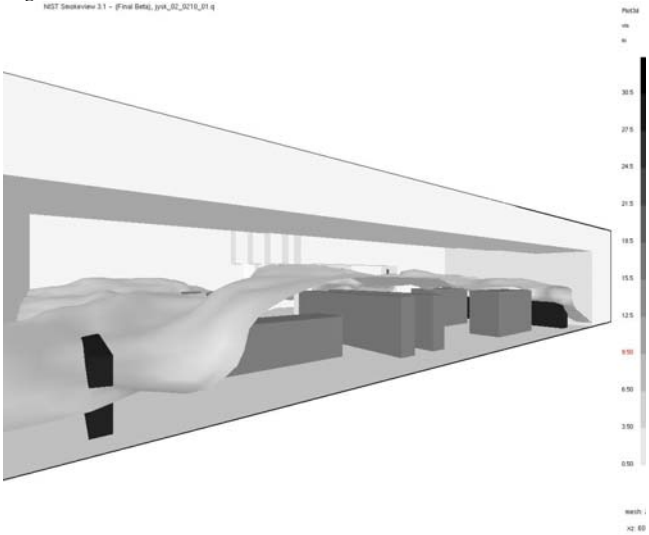
Vy 3: Butiksyta, Blic och Guldmagasinet



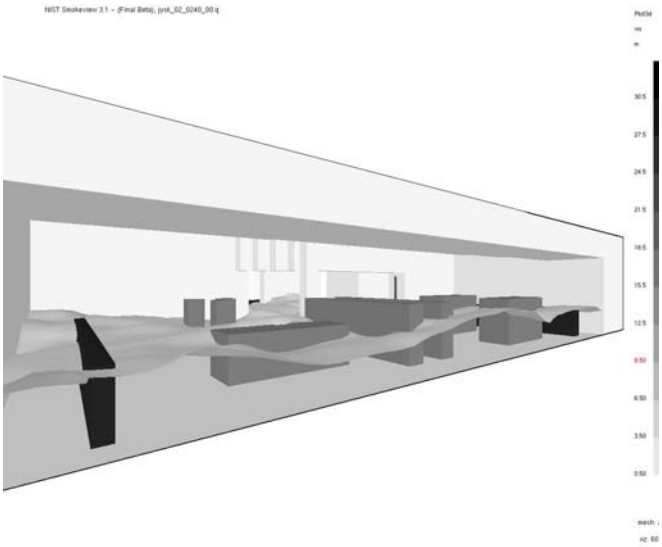
Figur B2.11. Visar 10 m sikt vid 150 s



Figur B2.12. Visar 10 m sikt vid 180 s



Figur B2.13. Visar 10 m sikt vid 210 s



Figur B2.14. Visar 10 m sikt vid 240 s

II. Kommentarer

I Jysks butiksyta uppnås kritiska siktförhållanden över hela ytan efter 150 s, se *Figur B2.5*. Vid denna tid är temperaturen, se *Figur B2.6*, inte alls ett hot mot personsäkerheten.

I ytan vid brandporten erhålls kritiska siktförhållanden över hela ytan vid 180 s, se *Figur B2.9*, temperaturen blir här än mindre kritisk, temperaturer på 80°C uppträder här först efter 540 s, se *Figur B2.10*.

I Blic optikers och Guldmagasinets butiksytor fördröjs kritiska förhållanden något på grund av avståndet till branden, siktförhållanden blir här kritiska över hela ytan efter 240 s, se *Figur B2.14*, inga nämnvärda temperaturer uppnås här heller.

Kolmonoxidhalten har studerats för alla tre sektioner men utgör under tiden för utrymning inget hot mot personsäkerheten.

Det är tydligt att det är visibiliteten, inte temperaturen eller toxiciteten (CO) som orsakar kritiska utrymningsförhållanden i detta scenario.

Rökdetektorn detekterar branden efter en minut, vilket innebär att varseblivningstiden för personerna i butikerna är 1 minut eller mindre.

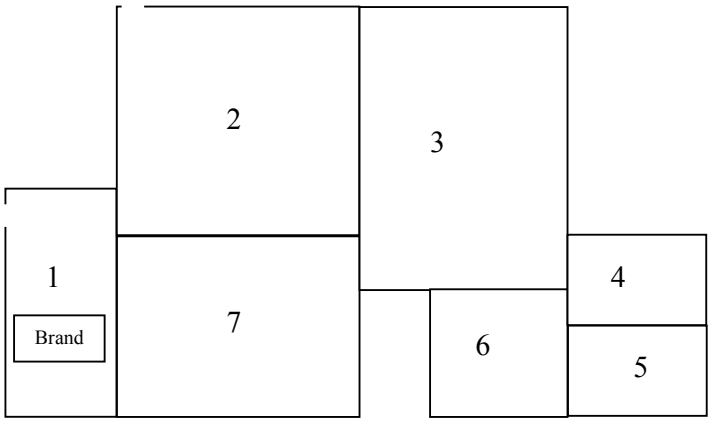
III. Simulering i CFAST

Syftet med denna simulering var att verifiera resultatet från *FDS*. Vissa skeden av brandförloppet kan, enligt resultat från *FDS*, beskrivas som en tvåzonsmodell varför denna jämförelse är intressant. Vid simulering i *CFAST* används nedanstående fiktiva rumsindelning.

Rum	L (m)	W (m)	H (m)	Q (kW)	**L/W**	**Kontroll L/W<3**	**L/H**	**Kontroll L/H≥0,2 och L/H≤4**	**$5*L*W*H^{1/2}$**	**Kontroll $5*L*W*H^{1/2}$≤Q**
1	17,4	8,1	3,5	3640	2,15	ok	4,97	ogiltig	1318	ok
2	17,5	16,5	3,5	3640	1,06	ok	5,00	ogiltig	2701	ok
3	20,4	15,0	3,5	3640	1,36	ok	5,83	ogiltig	2862	ok
4	10,0	6,5	3,5	3640	1,54	ok	2,86	ok	608	ok
5	10,0	6,5	3,5	3640	1,54	ok	2,86	ok	608	ok
6	10,0	9,6	3,5	3640	1,04	ok	2,86	ok	898	ok
7	17,5	13,0	3,5	3640	1,35	ok	5,00	ogiltig	2128	ok

Tabell B2.1. Kontrollkriterier för fiktiva rum i CFAST

Vissa av de fiktiva rummen uppfyller inte alla kriterier ovan. Dock antas beräkningsmodellen ge ett tillräckligt bra resultat för att kunna jämföras med resultaten från *FDS*. Nedan redovisas rumsgeometrin vid simulering i *CFAST*.



Figur B2.15 Fiktiv rumsindelning i Jysk Bäddlager

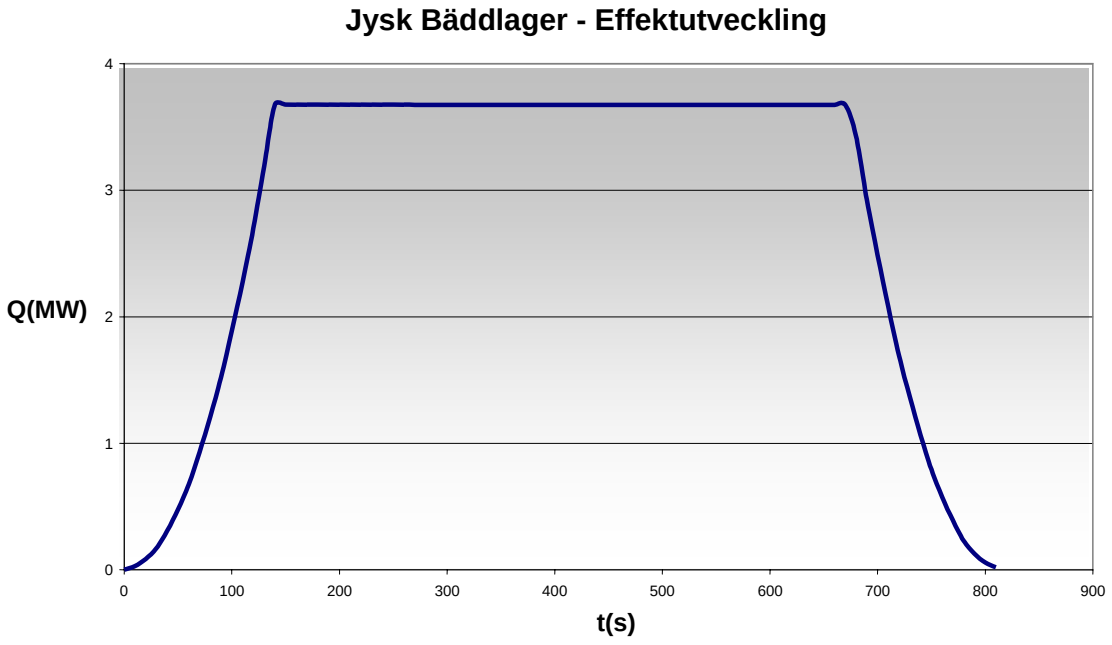


Diagram B2.2. Effektutveckling i Jysk Bäddlager vid simulering i CFAST.

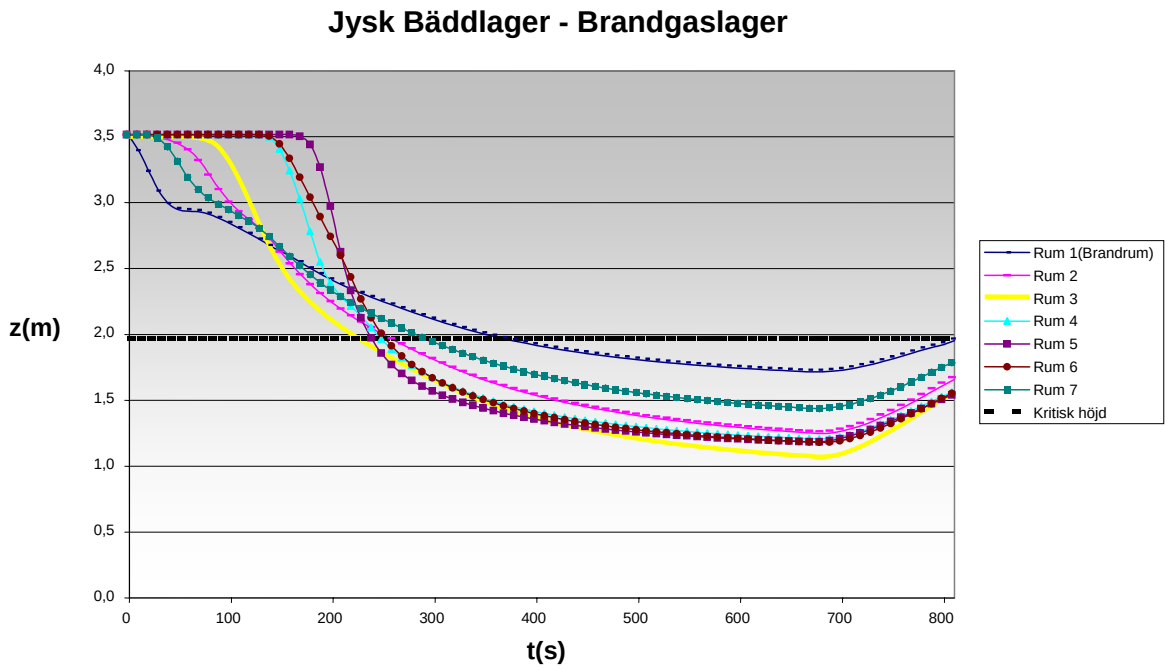


Diagram B2.3. Brandgaslagrets höjd, som funktion av tiden, i Jysk Bäddlager vid simulering i CFAST

Enligt *Diagram B2.3* ovan uppnås kritiska förhållanden i fiktivt rum 4 efter ca fyra minuter. Denna tid är avsevärt längre än vad simuleringar i *FDS* visar på. Det är dock rimligt att anta att tvåzonsmodellen i detta skede ej längre gäller. Detta på grund av lokalens stora volym som bland annat kyler brandgaser.

B2.2 Stadium och Kläd & Skinnkompaniet

I. Simulering i FDS

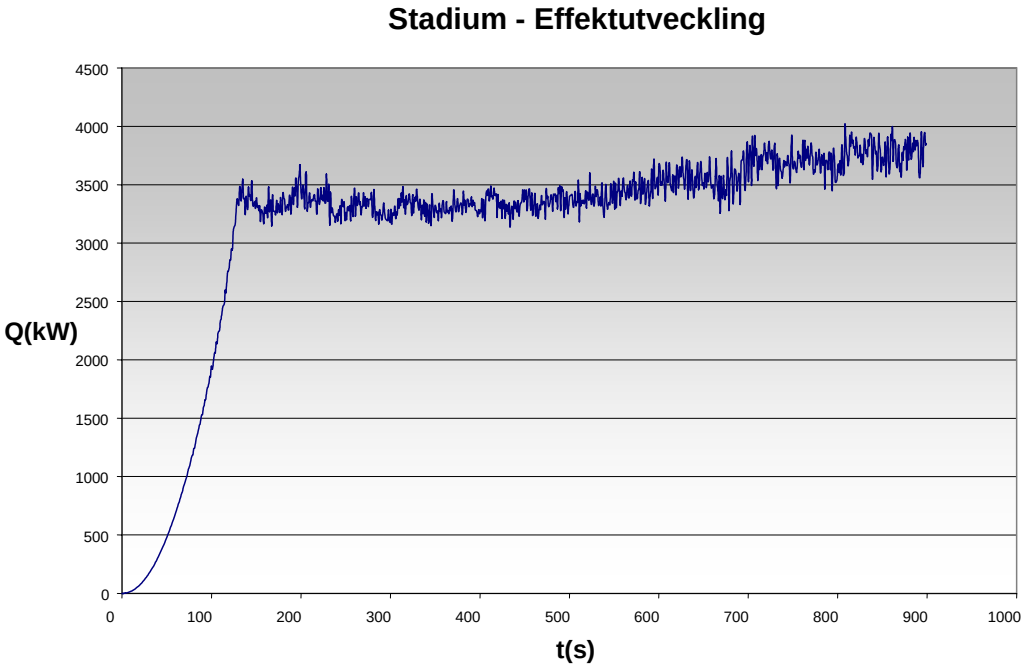
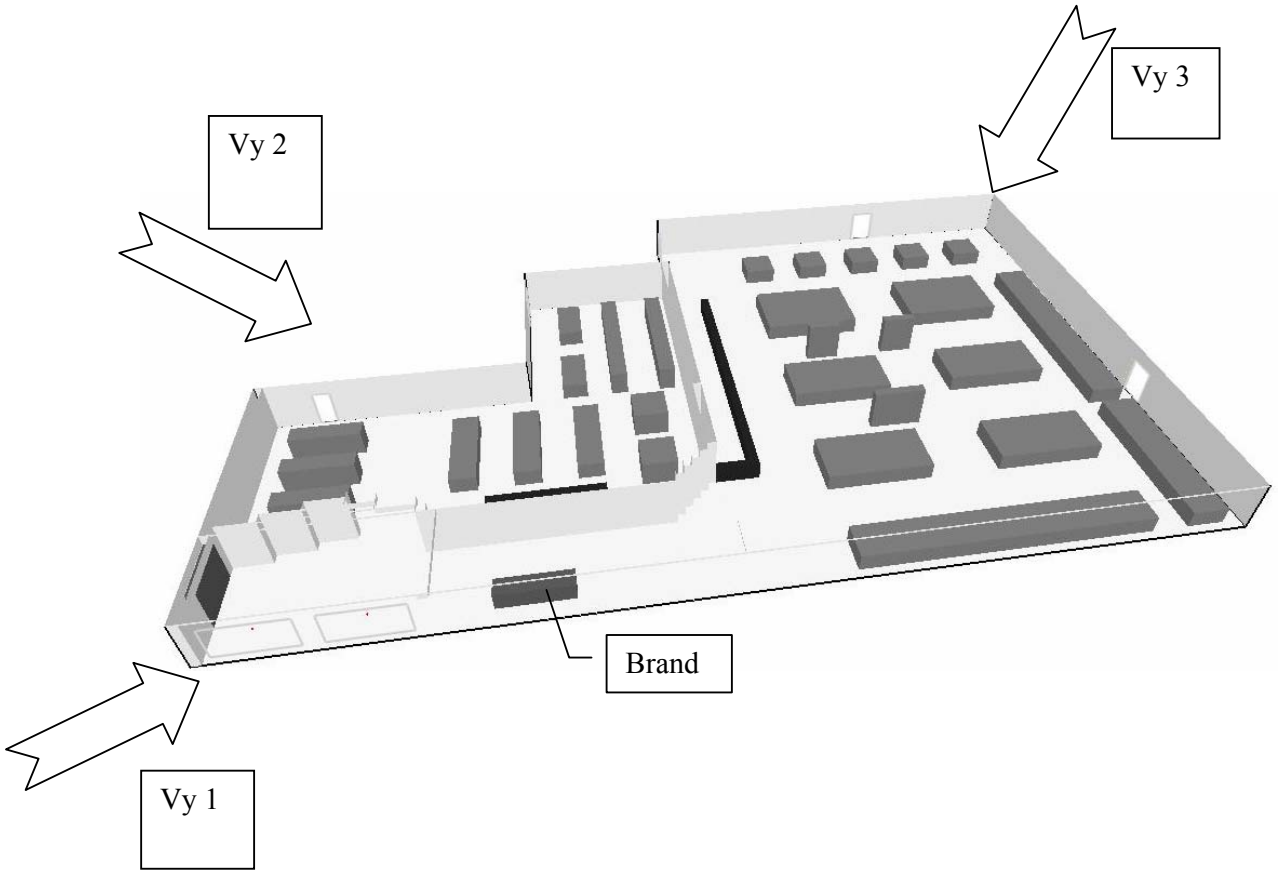


Diagram B2.4. Effektutveckling i Stadium vid simulering i FDS

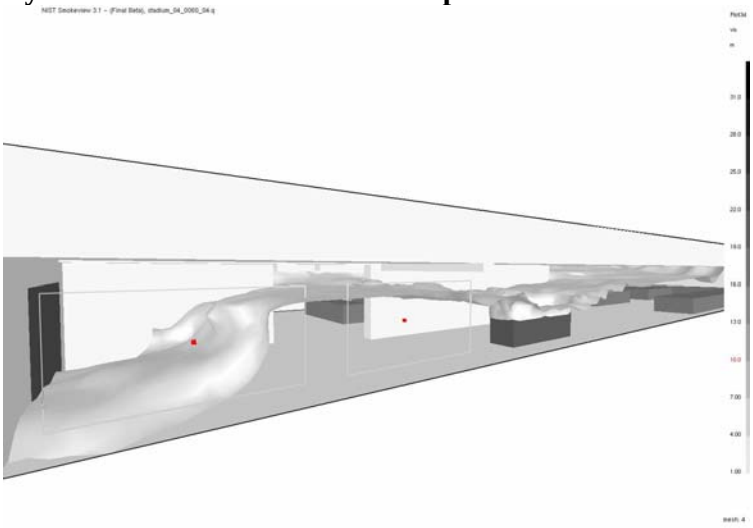
Denna effektutveckling skiljer sig lite från den tidigare framtagna. Dock stämmer kurvorna väl överens under den tid som är intressant ur personsäkerhetssynpunkt.

För att tydliggöra resultaten har följande sektionering av lokalen har utförts:

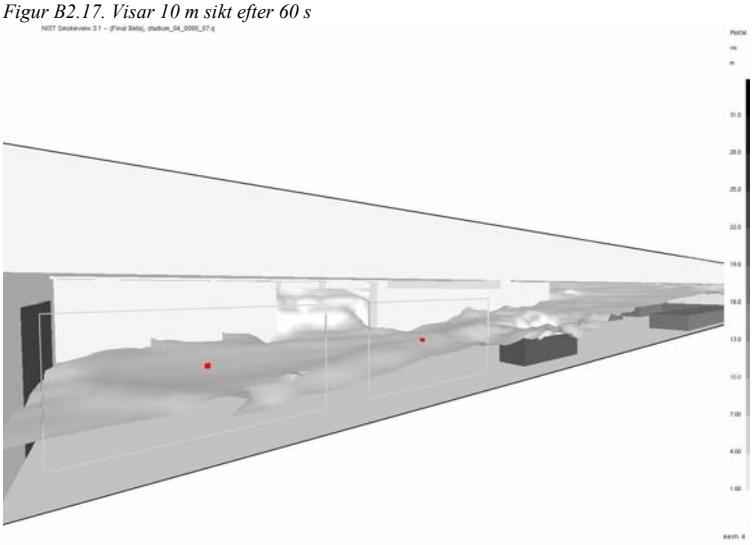


Figur B2.16. Rumsgeometri i Stadium vid simulering i FDS

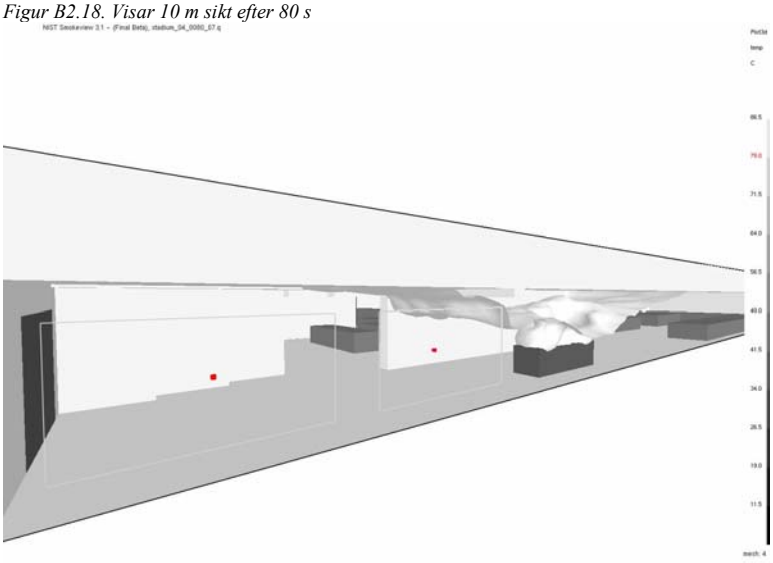
Vy 1: Korridor utanför Skinnkompaniet och Stadium.



Figur B2.17. Visar 10 m sikt efter 60 s

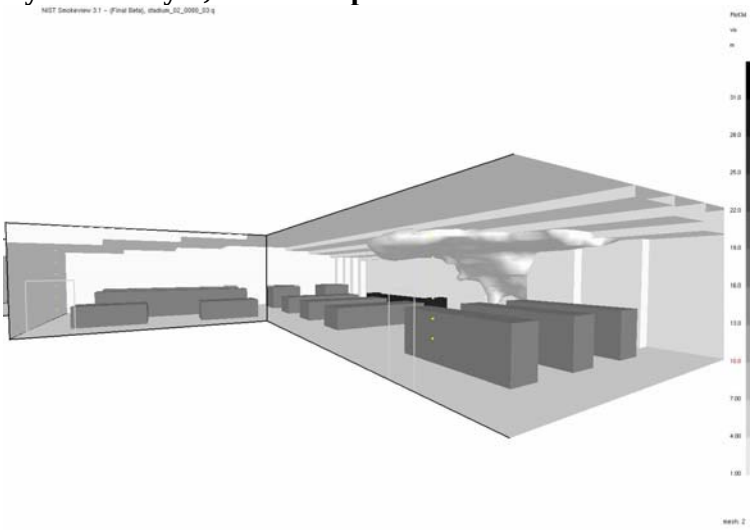


Figur B2.18. Visar 10 m sikt efter 80 s

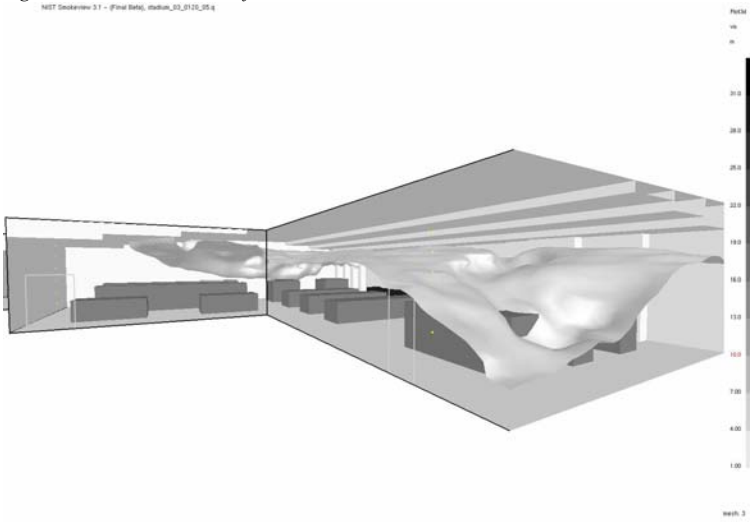


Figur B2.19. Visar 80 °C efter 80 s

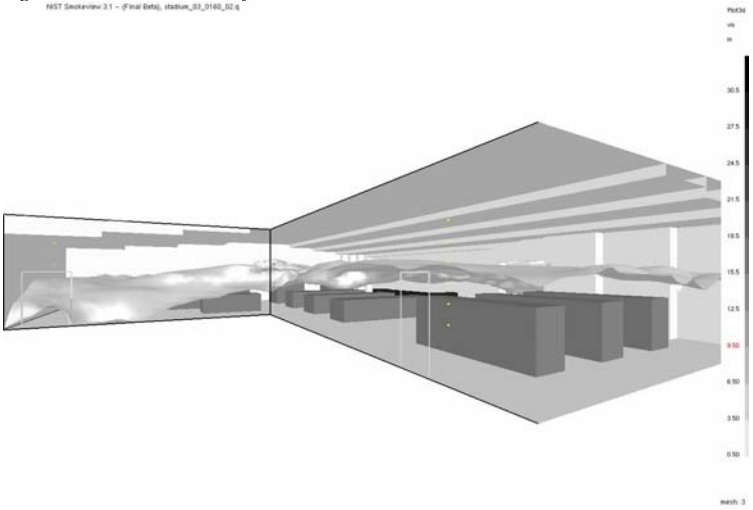
Vy 2: Butiksyta, Skinnkompaniet



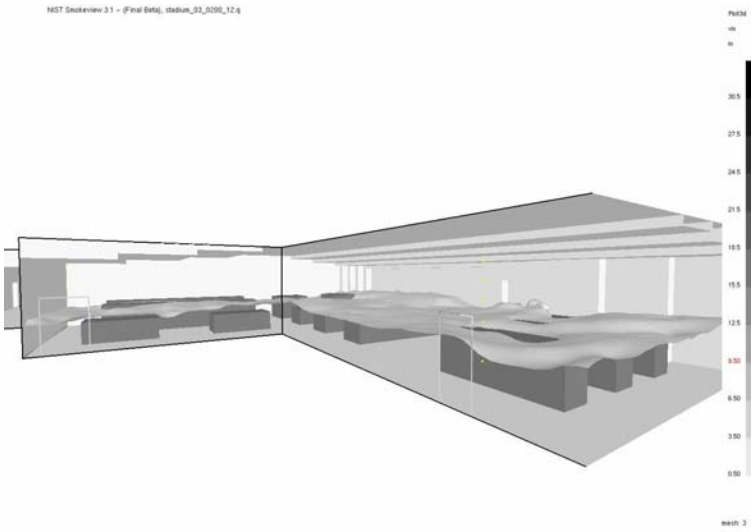
Figur B2.20. Visar 10 m sikt efter 80 s



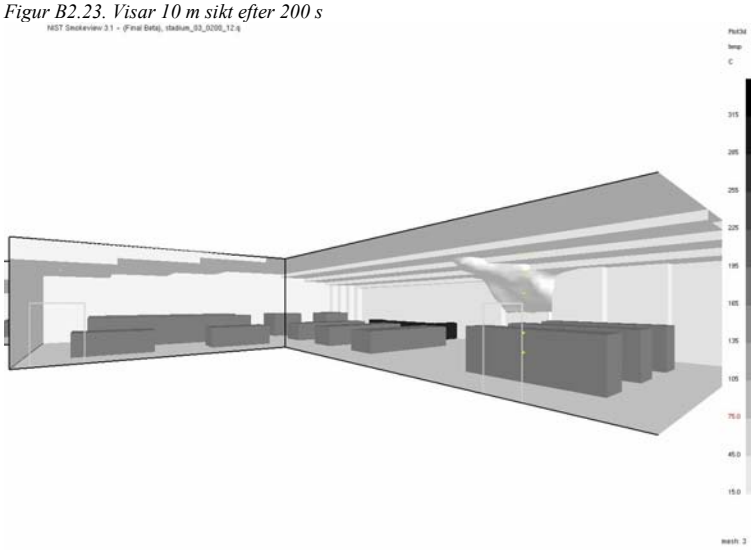
Figur B2.21. Visar 10 m sikt efter 120 s



Figur B2.22. Visar 10 m sikt efter 160 s

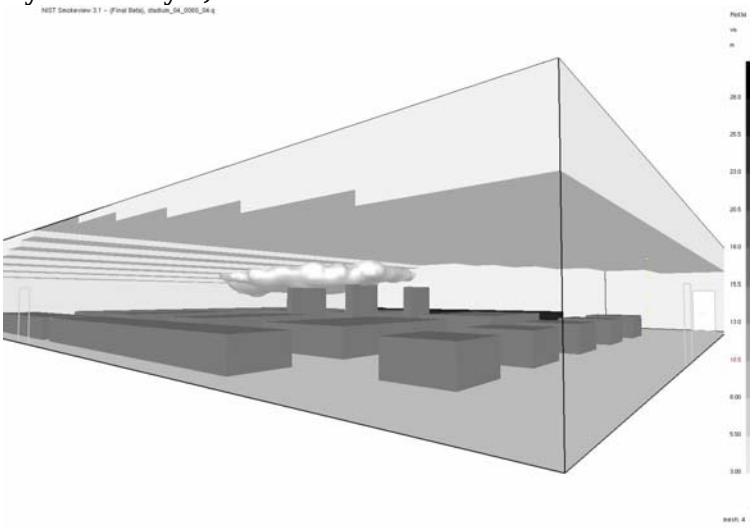


Figur B2.23. Visar 10 m sikt efter 200 s

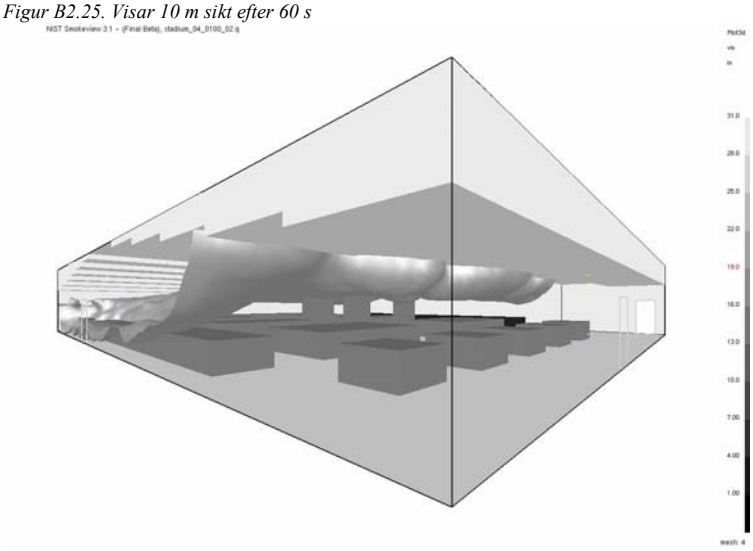


Figur B2.24. Visar 80 °C efter 200 s

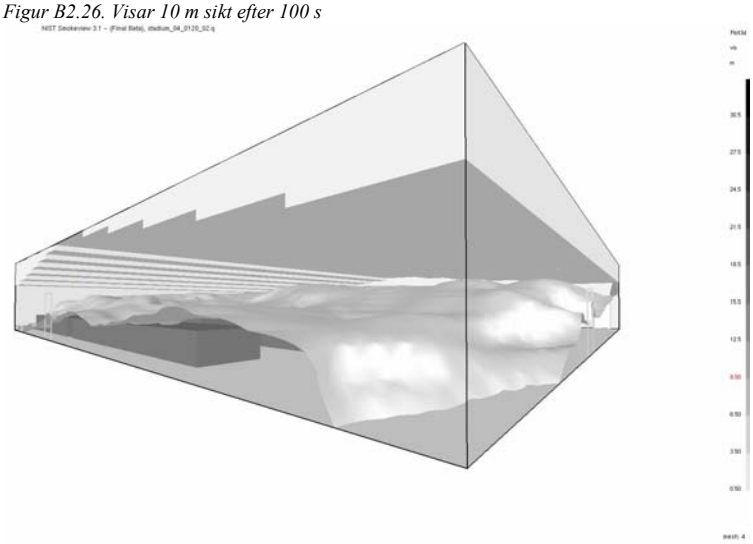
Vy 3: Butiksyta, Stadium



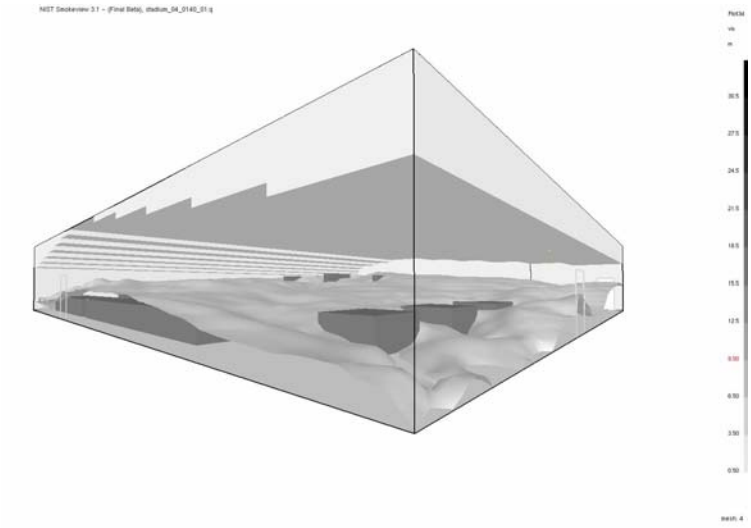
Figur B2.25. Visar 10 m sikt efter 60 s



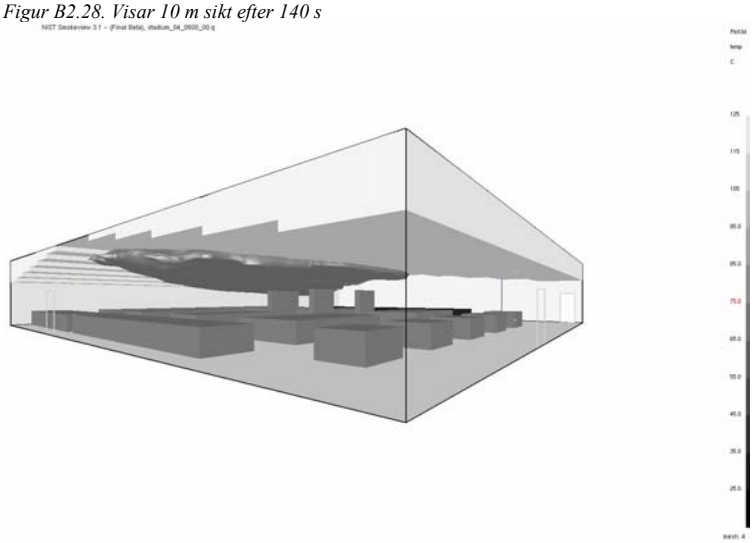
Figur B2.26. Visar 10 m sikt efter 100 s



Figur B2.27. Visar 10 m sikt efter 120 s



Figur B2.28. Visar 10 m sikt efter 140 s



Figur B2.29. Visar 80 °C efter 600 s

II. Kommentarer

Rökdetektorn detekterar branden efter 40 s, vilket innebär att varseblivningstiden för personer i butikerna blir 40 s eller mindre.

I korridoren som förbinder Skinnkompaniet och Stadium erhålls kritiska siktförhållanden vid 60-80 s, se *Figur B2.17-18*, temperaturen i detta skede hotar inte personsäkerheten, se *Figur B2.19*.

I Skinnkompaniets butiksyta erhålls kritiska siktförhållanden över hela ytan vid 200 s, se *Figur B2.23*, temperaturen vid denna tid utgör inget hot mot personsäkerheten, se *Figur B2.24*.

I Stadiums butiksyta erhålls kritiska siktförhållanden vid utrymningsvägarna efter 120 s och över hela ytan efter 140 s, se *Figur B2.27-28*, temperaturen hotar inte personsäkerheten ens efter 600 s, se *Figur B2.29*.

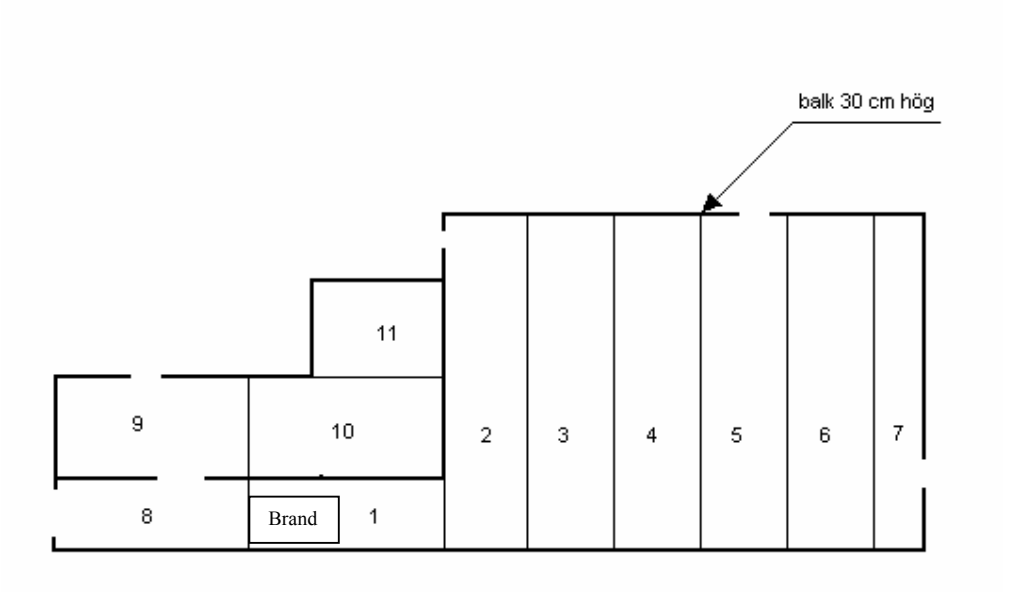
Kolmonoxidhalten har studerats för alla tre sektioner men utgör under tiden för utrymning inget som helst hot mot personsäkerheten.

Det är även i detta scenario tydligt att det är visibiliteten, inte temperaturen eller toxiciteten (CO) som orsakar kritiska utrymningsförhållanden.

III. Simulering i CFAST

Under simuleringar i *CFAST* och känslighetsanalyser i samma program har en utrymningsväg i Skinnkompaniets innersta del inte medtagits i simuleringen. Detta på grund av att när personer utrymmer så kommer inte alla dörrar i utrymningsvägar att stå öppna under hela utrymningen. Om denna dörr är stängd och de andra utrymningsvägarna är öppna under hela simuleringen har antagandet gjorts att väger upp varandra. Med de resultat som erhålls vid datorsimuleringar i SIMULEX är det inte intressant att simulera i *CFAST* längre än cirka 5 minuter. Simuleringar har dock körts i ungefär tio minuter.

Både Stadium och Skinnkompaniet har lutande tak, utan innertak, vilket har föranlett att en medeltakhöjd har beräknats. Båda butikerna, i synnerhet Stadium, har även stor butiksyta vilket resulterar i att lokalerna har delats in i mindre delar för att simulering i *CFAST* skulle kunna utföras.



Figur B2.30. Fiktiva rum i Stadium

Rum	Rumsmått (längd X bredd X höjd)
1 (brandrum)	12,4 X 4,8 X 4 (m)
2	4,8 X 32,4 X 4 (m)
3	4,8 X 32,4 X 4 (m)
4	4,8 X 32,4 X 4 (m)
5	4,8 X 32,4 X 4 (m)
6	4,8 X 32,4 X 4 (m)
7	2,4 X 32,4 X 4 (m)
8	12,4 X 4,8 X 4 (m)
9	12,4 X 11,2 X 4 (m)
10	12,4 X 11,2 X 4 (m)
11	10,0 X 9,6 X 4 (m)

Tabell B2.2. Fiktiva rum i Stadium

Rum	L (m)	W (m)	H (m)	Q (kW)	**L/W**	**Kontroll L/W<3**	**L/H**	**Kontroll L/H≥0,2 och L/H≤4**	**$5*L*W*H^{1/2}$**	**Kontroll $5*L*W*H^{1/2}$≤Q**
1	12,4	4,8	4,0	3200	2,58	ok	3,10	ok	595,20	ok
2	4,8	32,4	4,0	3200	0,15	ok	1,20	ok	1555,20	ok
3	4,8	32,4	4,0	3200	0,15	ok	1,20	ok	1555,20	ok
4	4,8	32,4	4,0	3200	0,15	ok	1,20	ok	1555,20	ok
5	4,8	32,4	4,0	3200	0,15	ok	1,20	ok	1555,20	ok
6	4,8	32,4	4,0	3200	0,15	ok	1,20	ok	1555,20	ok
7	2,4	32,4	4,0	3200	0,07	ok	0,60	ok	777,60	ok
8	12,4	4,8	4,0	3200	2,58	ok	3,10	ok	595,20	ok
9	12,4	11,2	4,0	3200	1,11	ok	3,10	ok	1388,80	ok
10	12,4	11,2	4,0	3200	1,11	ok	3,10	ok	1388,80	ok
11	10,0	9,6	4,0	3200	1,04	ok	2,50	ok	960,00	ok

Tabell B2.3. Kontrollkriterier för fiktiva rum i CFAST

De fiktiva rummen uppfattas lätt som alltför avlånga. Dock antas beräkningsmodellen ge ett tillräckligt bra resultat för att kunna jämföras med resultaten från *FDS*.

Öppningar till utsidan har måtten 1,1 X 2,0 (m) förutom den stora öppningen från rum 8 till utsidan som har måtten 4 X 2,5 (m). Den sistnämnda öppningen stängs dock efter 1 minut. Öppningen mellan rum 8 och 9 har måtten 3,2 X 2,5 (m). Takhöjden uppskattades, utifrån geometriska beräkningar, till ca 4 meter.

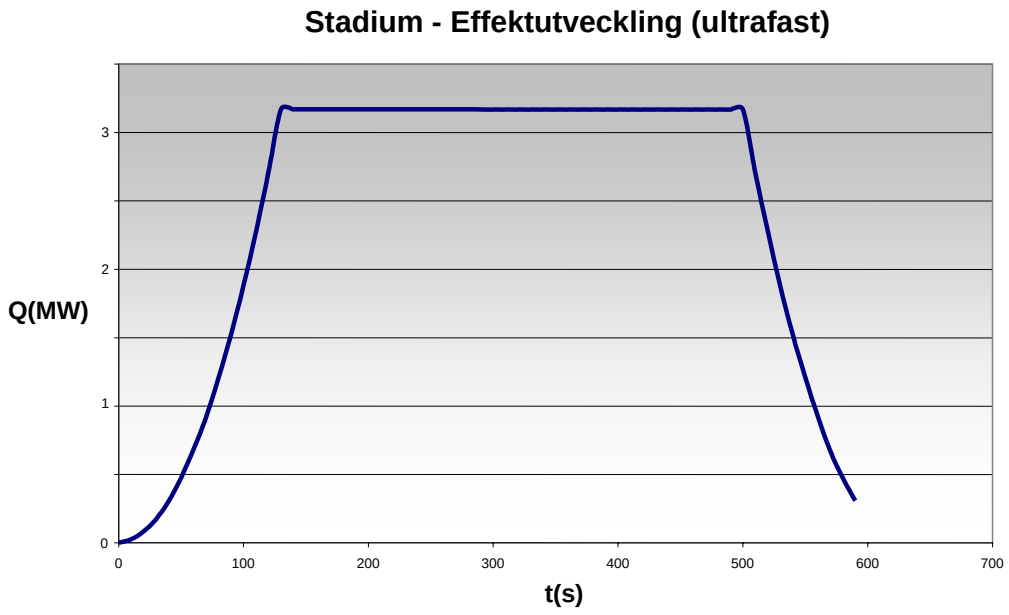


Diagram B2.5. Effektutveckling i Stadium vid simulering i CFAST.

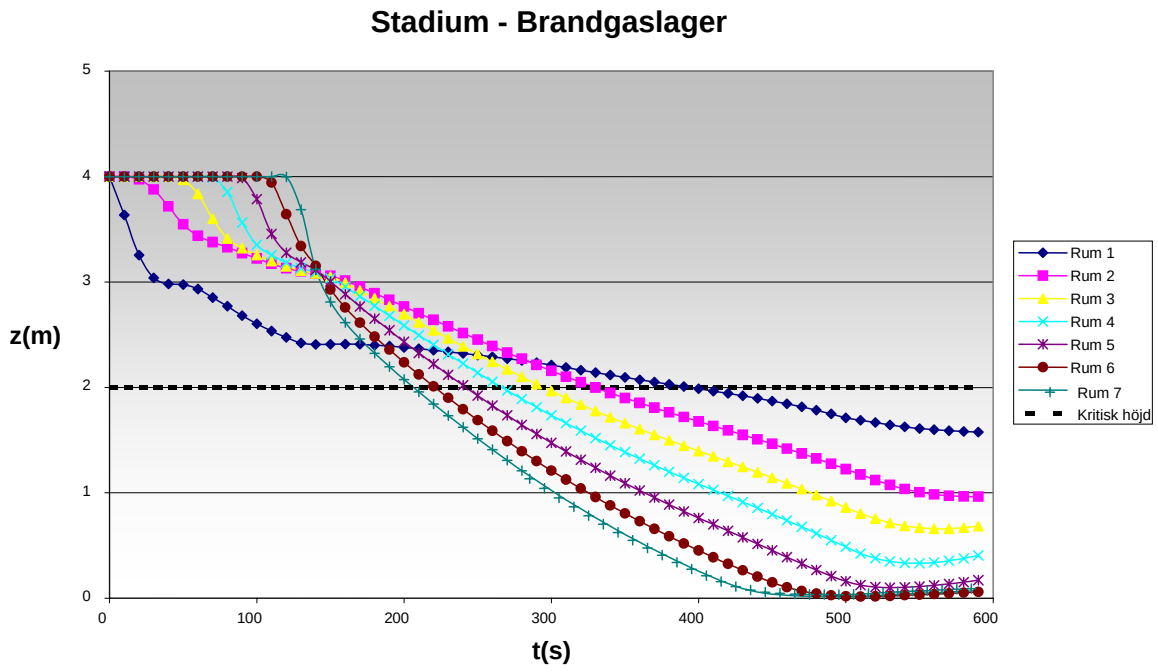


Diagram B2.6. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden.

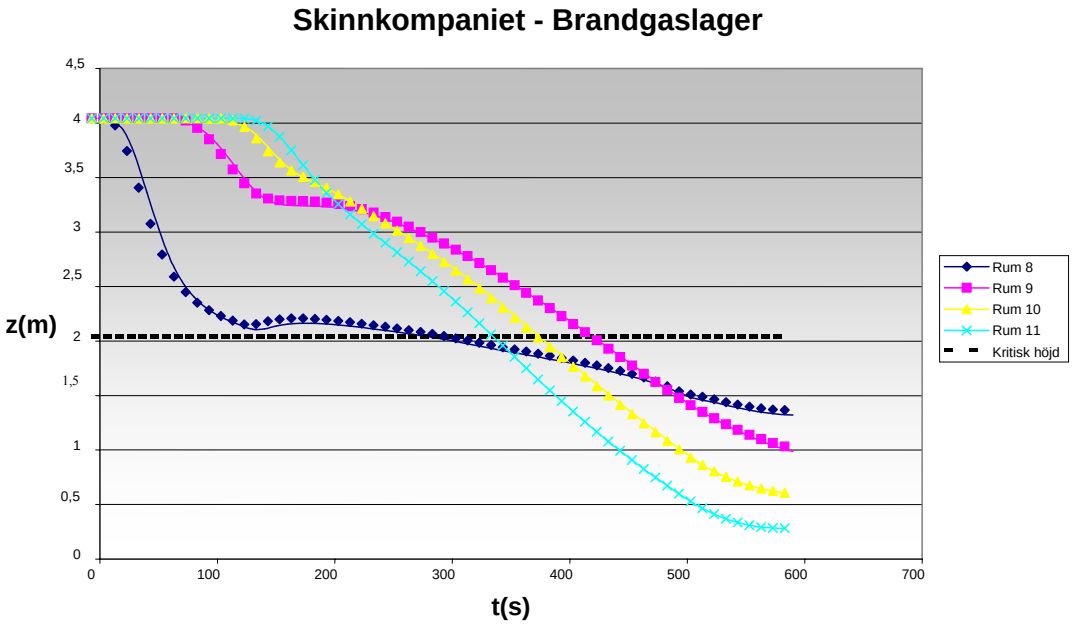


Diagram B2.7. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden i Skinnkompaniet.

Det är enbart brandgaslagrets höjd, och inte temperatur eller strålning, som kan bidra till kritiska förhållanden i Stadium eller Kläd & Skinnkompaniet. Temperatur eller strålning visas därför inte med diagram i detta projekt.

B2.3 Jysk Bäddlager (lagerlokal)

Nedan redovisas de rum som lades in i *CFAST*, de flesta rum är inlagda direkt efter hur det ser ut i verkligheten, dock har någon vägg flyttats lite i syfte att göra simuleringen hanterbar. Vissa av rummen nedan uppfyller inte riktigt de kriterier som finns för fiktiv rumsindelning i *CFAST*, vilket är en följd av att de verkliga rummen har använts i hög grad. I detta fall antas alltså att kriterierna för fiktiv rumsindelningen ej behöver uppfyllas.

Rum	L (m)	W (m)	H (m)	Q (kW)	L/W	Kontroll L/W<3	L/H	Kontroll L/H≥0,2 och L/H≤4	$5*L*W*H^{1/2}$	Kontroll $5*L*W*H^{1/2}$≤Q
1	17,2	9,2	3,5	3200	1,87	ok	4,9	ogiltigt	1480	ok
2	10,0	10,0	3,5	3200	1,00	ok	2,86	ok	935	ok
3	8,0	4,8	3,5	3200	1,67	ok	2,29	ok	359	ok
4	4,8	4,4	3,5	3200	1,09	ok	1,37	ok	198	ok
5	4,8	3,6	3,5	3200	1,33	ok	1,37	ok	162	ok
6	20,4	17,2	3,5	3200	1,19	ok	5,83	ogiltigt	3282	ogiltigt

Tabell B2.4. Kontrollkriterier för fiktiva rum i CFAST

Nedan redovisas en jämförelse mellan den rumsindelning som användes vid simuleringarna och verklig rumsindelning enligt planritning:

Figur B2.31. Schematisk skiss över rumsindelning i CFAST

Nedan redovisas resultat av brandsimuleringarna i form av diagram. Tidsskalan täcker 15 minuter vilket innehåller både utrymningstid och tid tills räddningstjänsten anlänt. Utrymningssimuleringar i *Simulex* har visat att lagerlokalen utryms på 1,5 minuter och övriga delar av butiken är utrymd efter fyra minuter.

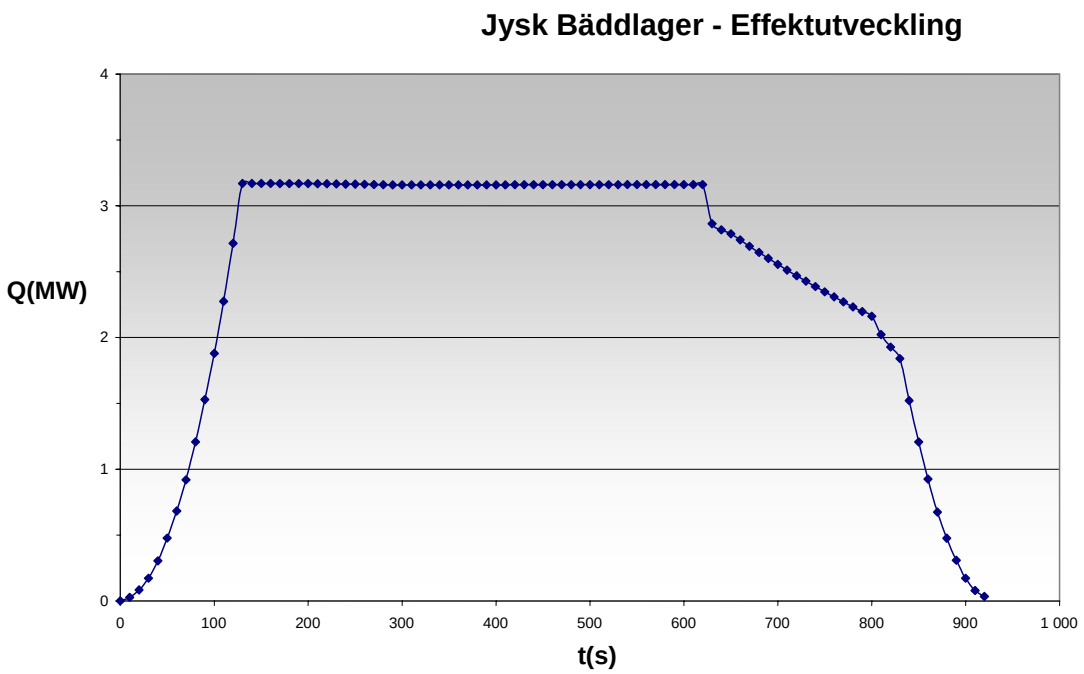


Diagram B2.8. Effektutveckling som funktion av tiden.

Precis som i Stadium antas effektutvecklingen tillväxa enligt αt^2 *ultrafast* dels för att det rör sig om pallställage och dels för att det till stor del rör sig om lättantändliga material. Branden tillväxer under 130 sekunder och når en maximal effektutveckling på ca 3,2 MW. Under utrymningsfasen inom lagret, kommer brandgaslagret att sjunka till strax under 2,5 meter. Detta anses inte vara problematiskt för utrymning av lagret då endast personal vistas här och de antas ha god lokalkännedom.

Det intressanta är att se vad som händer ute i butiken under utrymningsfasen vilket tidigare är beskriven att ta fyra minuter. Av *Diagram B2.9* framgår att brandgaser når butiksdelen av Jysk Bäddlager efter ca 2 minuter. Dock når brandgaslagret ej kritisk höjd förrän efter ca 4,5 minuter. I detta skede är lokalen redan utrymd. Däremot bör dörren utrustas med magnetupphängning, se *12. Förslag till åtgärder*, för att minimera skadepåverkan i butiksdelen.

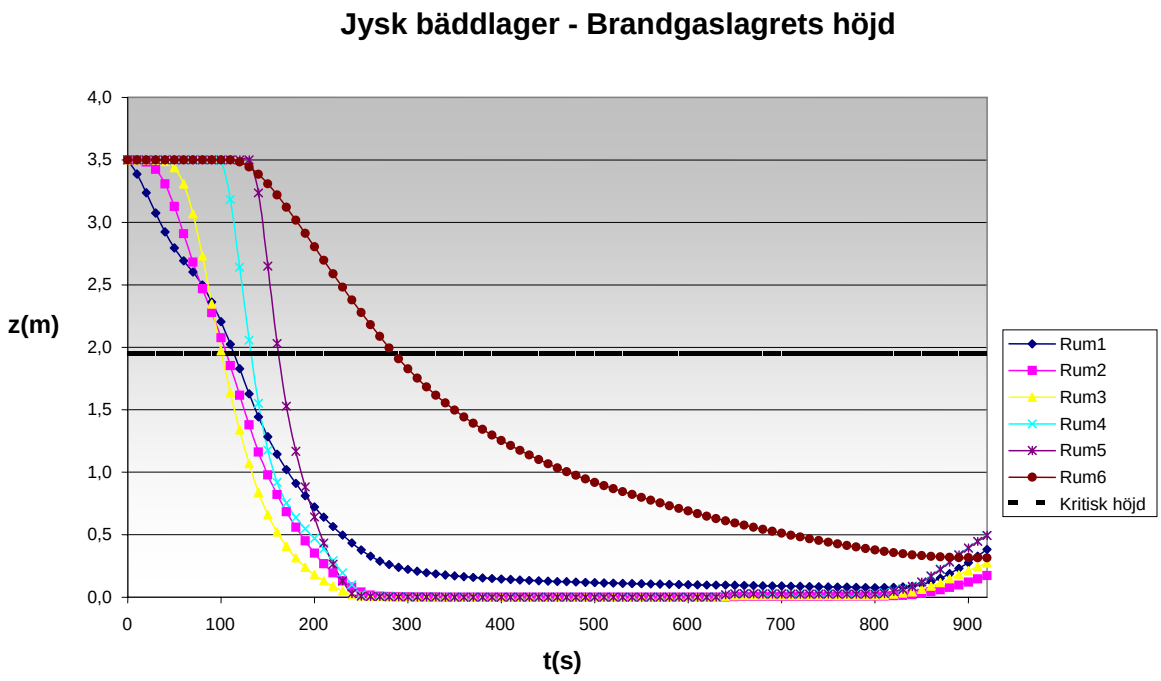


Diagram B2.9. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden

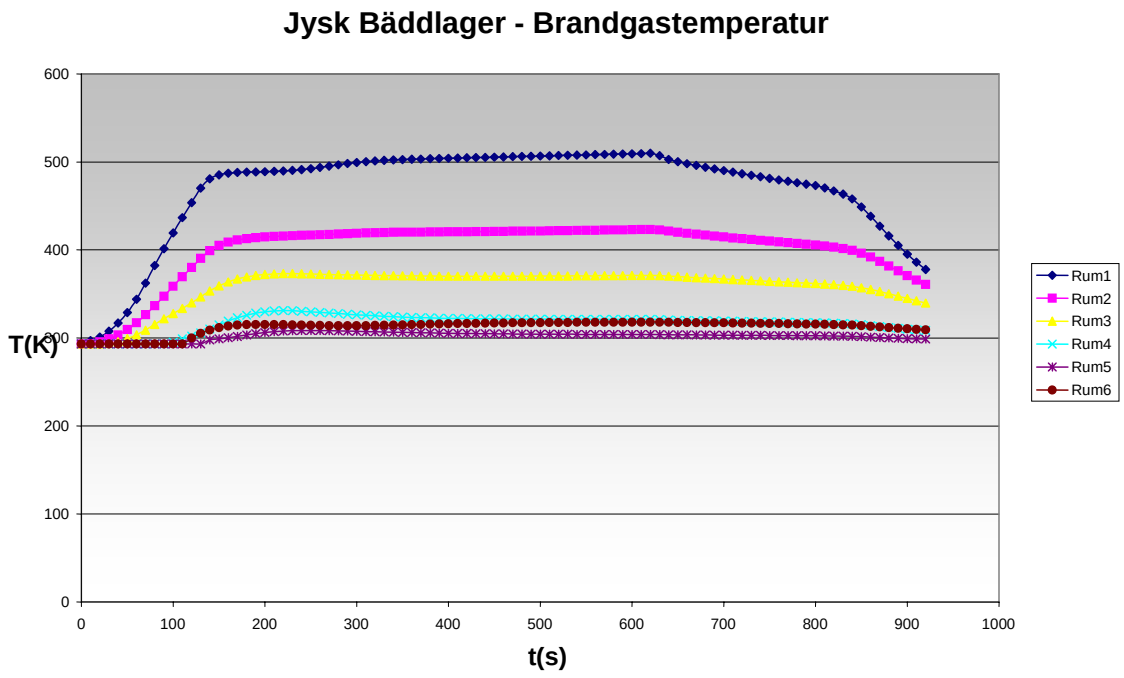


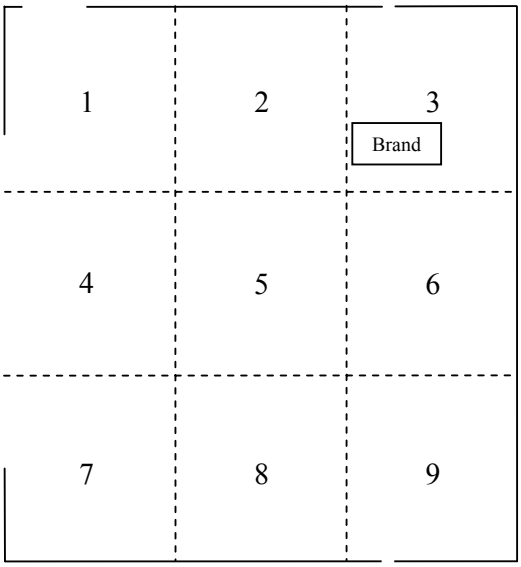
Diagram B2.10. Brandgastemperatur som funktion av tiden

B2.4 Ekohallen

I samtliga simuleringar har datorprogrammet *CFAST* använts. Resultatet har verifierats med hjälp av simuleringar i datorprogrammet *ARGOS.* På grund av lokalens storlek har en fiktiv rumsindelning använts. Denna indelning ger en mer verklighetstrogen användning av en tvåzonsmodell i större lokaler. Rummen avskiljs med en 20 cm bred balk i taket vilket motverkar att brandgaserna fördelas jämnt över en orealistiskt stor takyta. För att den fiktiva rumsindelningen ska gälla måste ett antal kriterier uppfyllas. Dessa kriterier och de fiktiva rummens geometrier redovisas nedan:

Rum	L (m)	W (m)	H (m)	Q (kW)	**L/W**	**Kontroll L/W<3**	**L/H**	**Kontroll L/H≥0,2 och L/H≤4**	**$5*L*W*H^{1/2}$**	**Kontroll $5*L*W*H^{1/2}$≤Q**
1	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
2	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
3	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
4	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
5	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
6	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
7	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
8	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok
9	13,00	12,00	6,00	7000	1,08	ok	2,17	ok	1911	ok

Tabell B2.5. Kontrollkriterier för fiktiva rum i CFAST



Figur B2.32. Fiktiva rum i Ekohallen

Den fiktiva rumsindelningen innebär då att lokalen delas upp i nio likadana rum, enligt *Tabell B2.5* och *Figur B2.32* ovan. Uppskattningen av brandeffekten är, i samtliga simuleringar, en grov förenkling av verkligheten eftersom en stor mängd olika material finns i lokalen. Syftet med de olika simuleringarna är att visa på brandskyddets robusthet gentemot olika brandförlopp. Resultatet från simuleringarna ger en uppfattning om vilken ungefärlig tidsrymd som krävs för att uppnå kritiska förhållanden. Utgångspunkt vid en kvalitativ bedömning, av brandrisken i Kärnan, är att Ekohallen ej kommer att vara dimensionerande då utrymningstiden endast uppgår till ca 2 minuter. Brandsimuleringarna syftar då till att bekräfta alternativt förkasta denna bedömning.

Resultatet av simuleringarna visar på två ytterligheter bland rimliga scenarier, se diagram nedan. I scenario I antas samtliga brandgasventilatorer öppnas. I scenario II antas endast en lucka i det fiktiva brandrummet öppnas, och i scenario III och IV antas att hälften av luckorna öppnas.

I. Scenario 1 CFAST

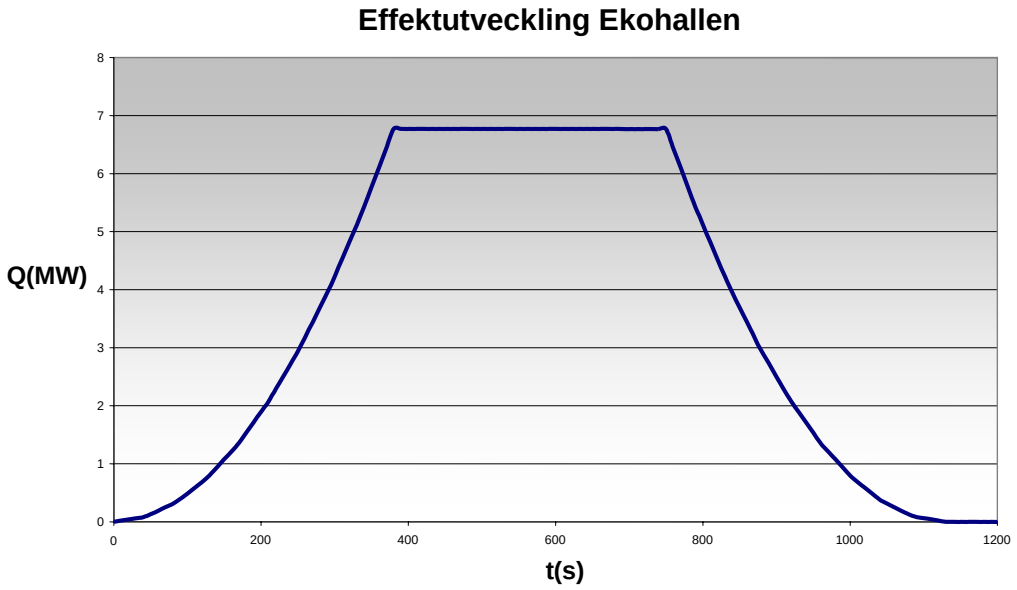


Diagram B2.11. Effektutveckling Ekohallen (Fast).

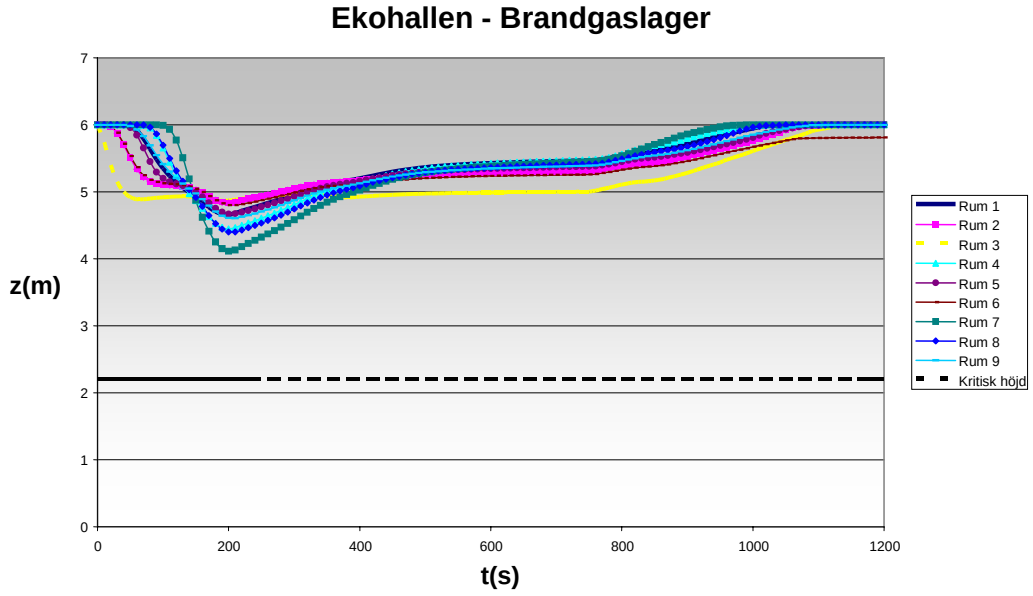


Diagram B2.12. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden.

Enligt *Diagram B2.12* ovan är det tydligt att kritiska förhållanden ej uppnås i lokalen.

II. Scenario 2 CFAST

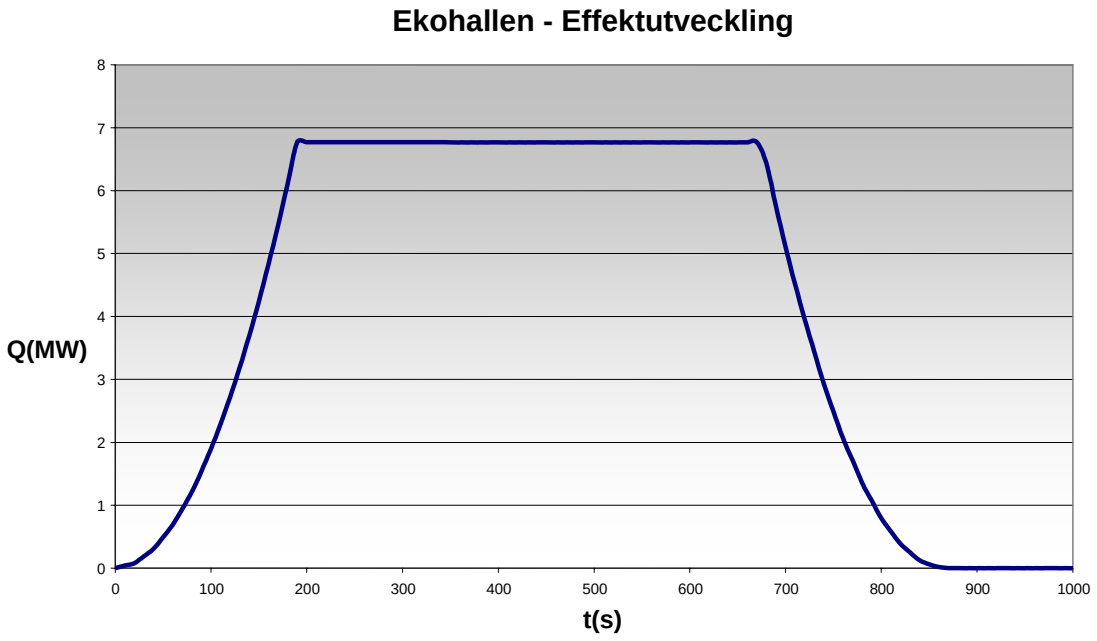


Diagram B2.13. Effektutveckling Ekohallen (Ultrafast).

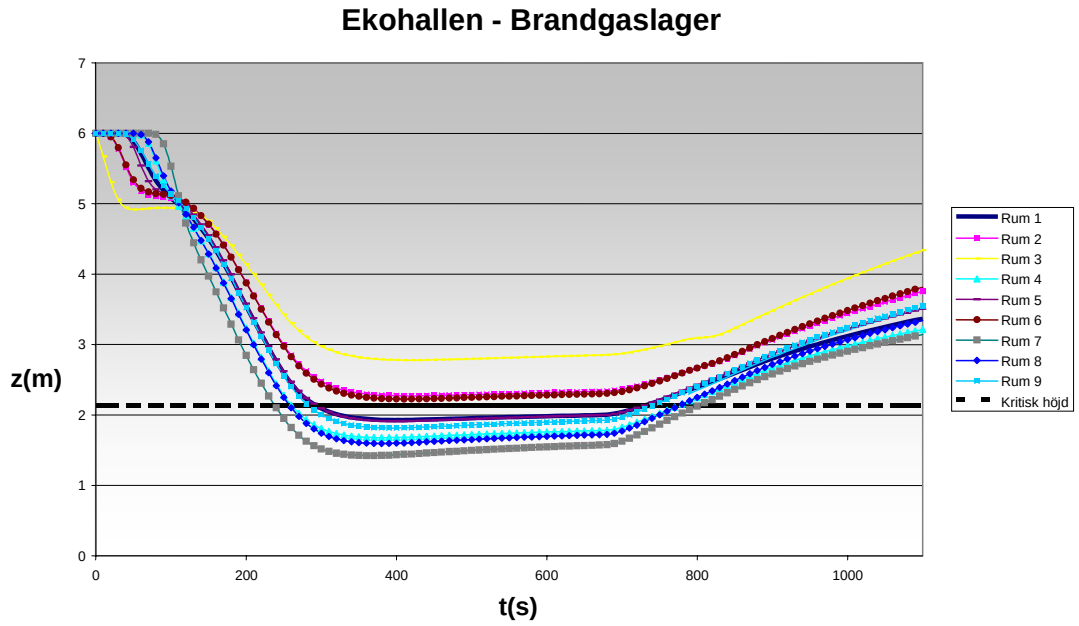


Diagram B2.14. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden.

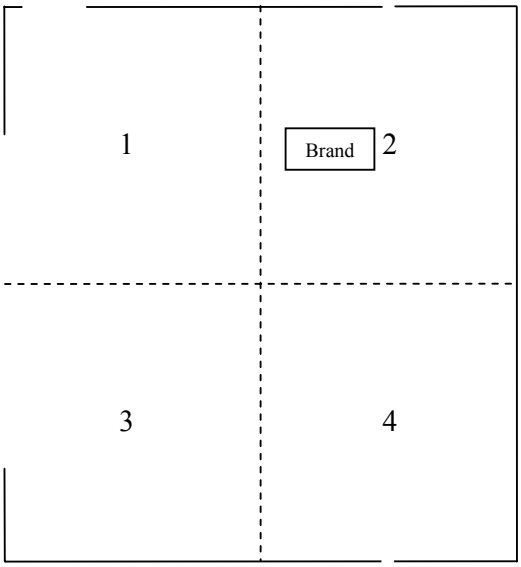
Diagrammen visar på att kritiska förhållanden i lokalen uppstår efter ca 4 minuter. I utrymningssimuleringarna i *SIMULEX* utrymdes lokalen på ca 2 minuter. Alltså är utrymningstiden avsevärt mindre än tiden till kritiska förhållanden. Med detta som grund bekräftas bedömningen att Ekohallen ej bör vara dimensionerande brandscenario.

III. Scenario 3 ARGOS

I syfte att verifiera resultatet från *CFAST*, simulerades liknande scenarier i tvåzonsmodellen *ARGOS*. Dock är användargränssnittet utformat så att det är svårt att återskapa alla förutsättningar för ett scenario. Därför har vissa förutsättningar ändrats, till exempel ventilationsarea och effektutveckling. Vidare antas, på grund av programmets begränsningar, att brandgasventilatorerna öppnas i samband med att rökdetektorerna aktiveras. För att kompensera för detta fel användes en detektortyp som aktiveras lite senare än den som användes i *CFAST*. I *Scenario 3* uppgår effekten till 5 MW, och ventilationsarean i varje fiktivt rum har halverats. Branden antas tillväxa enligt αt^2 *Fast*. Vidare har den fiktiva rumsindelningen ändrats eftersom *ARGOS* endast kan hantera 5 rum. Den nya rumsindelningen beskrivs nedan:

Rum	L (m)	W (m)	H (m)	Q (kW)	**L/W**	**Kontroll L/W<3**	**L/H**	**Kontroll L/H≥0,2 och L/H≤4**	**$5*L*W*H^{1/2}$**	**Kontroll $5*L*W*H^{1/2}$≤Q**
1	19,5	18	6	5000	1,08	ok	3,25	ok	4300	ok
2	19,5	18	6	5000	1,08	ok	3,25	ok	4300	ok
3	19,5	18	6	5000	1,08	ok	3,25	ok	4300	ok
4	19,5	18	6	5000	1,08	ok	3,25	ok	4300	ok

Tabell B2.6. Kontrollkriterier för fiktiv rumsindelning vid brandsimulering i ARGOS.



Figur B2.33. Fiktiva rum i Ekohallen

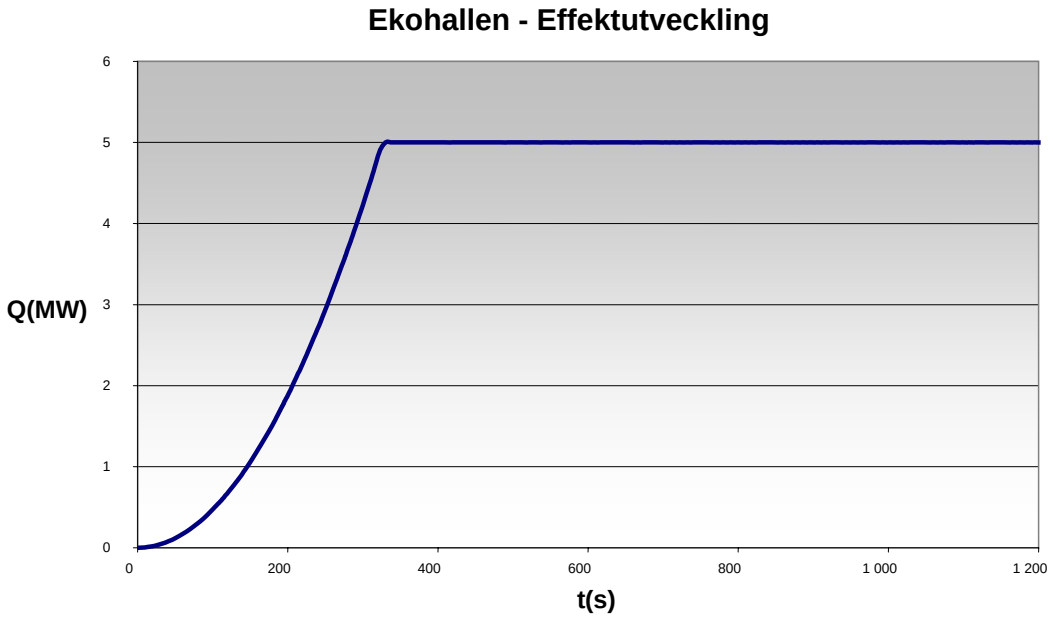


Diagram B2.15. Effektutveckling i Ekohallen vid simulering i ARGOS. Effekt hålls i det här fallet konstant efter det att branden uppnått sin maximala effekt.

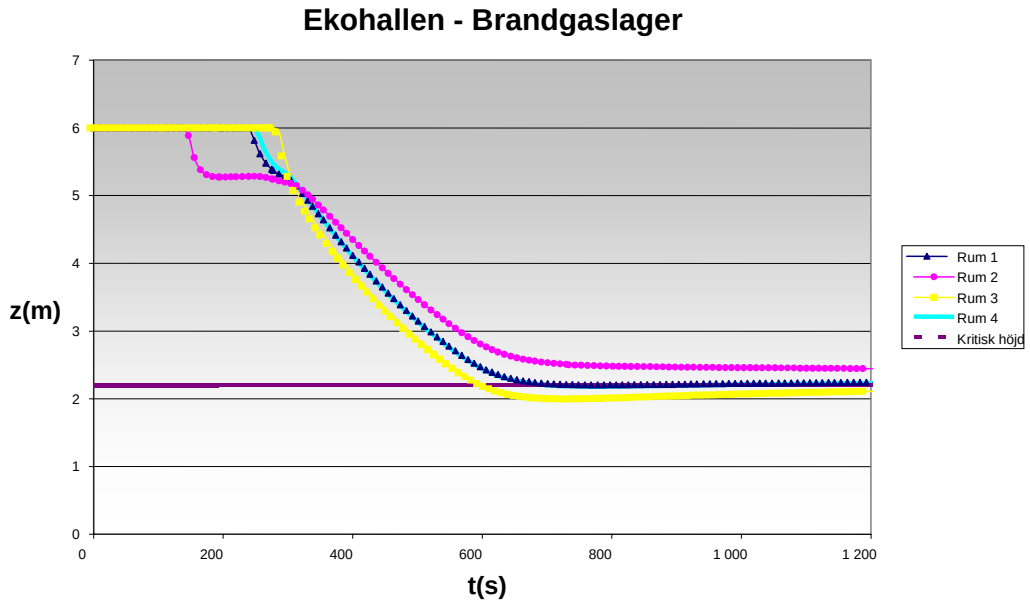


Diagram B2.16. Brandgaslagrets höjd, som funktion av tiden, vid simulering i ARGOS Scenario 3.

Enligt diagrammen ovan uppstår ej kritiska förhållanden inom utrymningstiden. *Scenario 3* visar även på brandgasventilationens effekt på brandgaslagrets höjd, jämför *I. Scenario 1 CFAST*.

IV. Scenario 4 ARGOS

I *Scenario 4* tillväxer branden enligt αt^2 *Ultrafast*. Även i detta scenario är ventilationsarean halverad i varje fiktivt rum.

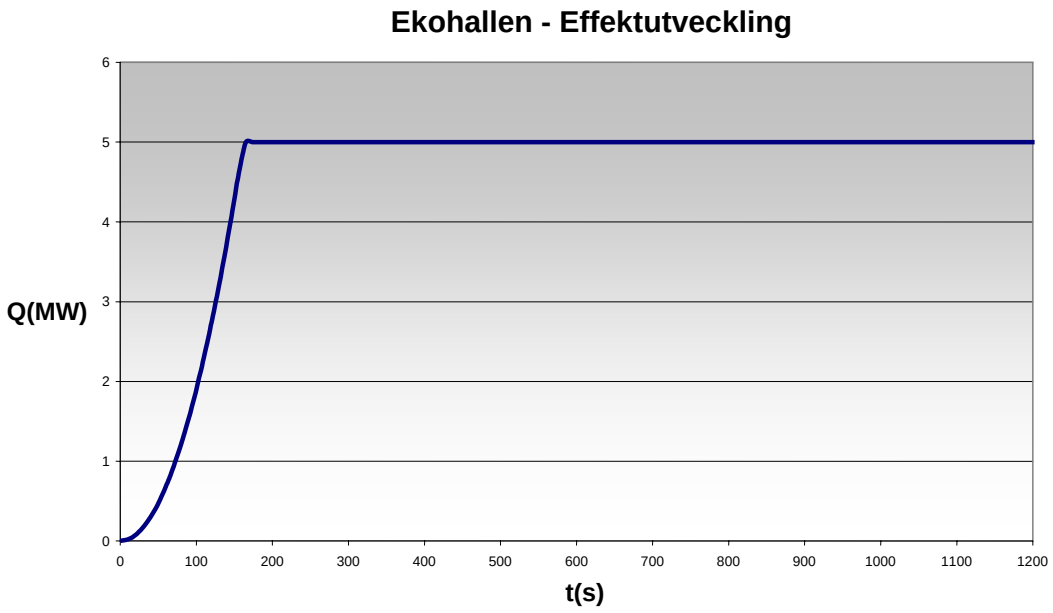


Diagram B2.17. Effektutveckling i Ekohallen vid simulering i ARGOS. Effekt hålls i det här fallet konstant efter det att branden uppnått sin maximala effekt.

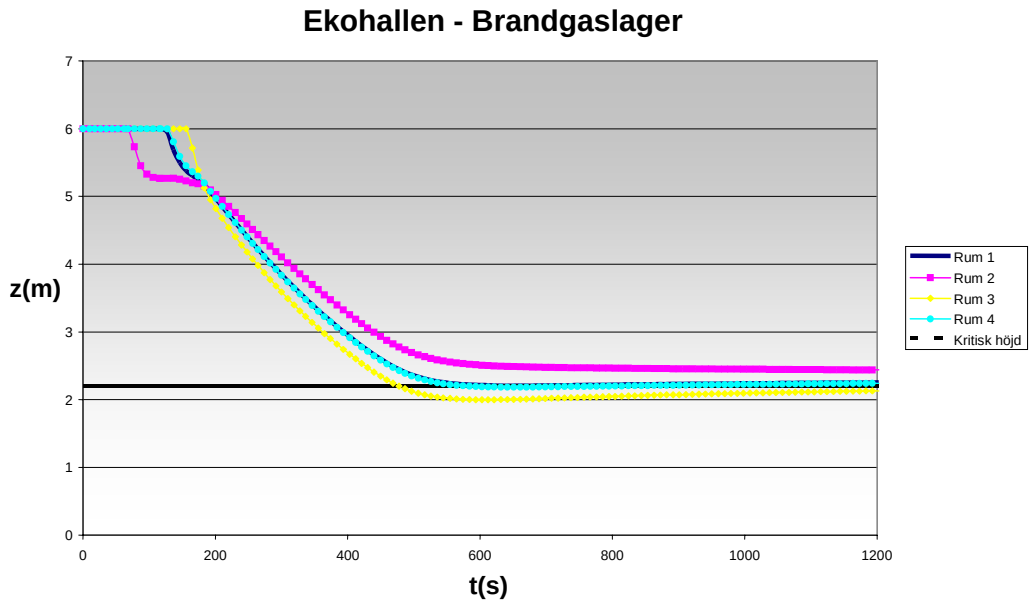


Diagram B2.18. Brandgaslagrets höjd, som funktion av tiden, vid simulering i ARGOS Scenario 4.

Enligt diagrammen ovan uppstår ej kritiska förhållanden inom utrymningstiden. *Scenario 4* visar även på att brandens tillväxthastighet, i en lokal av denna storleken, endast har marginell effekt på brandgaslagrets höjd, jämför *Diagram B2.16*.

De båda scenarierna som simulerats i *ARGOS* bekräftar ansatsen att en brand i Ekohallen sannolikt ej kan antas vara dimensionerande. Det har också bekräftats att brandskyddet i denna del av byggnaden fungerar på ett tillfredsställande sätt, sett ur utrymningssynpunkt, även då brandeffekten är hög. Exempel på indatafiler från ARGOS och CFAST redovisas i *Appendix J* och *K*.

C. Osäkerheter

Vid utrymningssimulering i *SIMULEX* användes ritningsunderlag tillhandahållet av Corallen AB. I dessa ritningar återskapades en förenklad bild av butikernas inredningar. Detta medför att måtten på enskilda komponenter i inredningen inte alltid stämmer överens med verkligheten. I en del simuleringar uppstod problem då det bildades köer och proppar mitt ute i en butik. Detta på grund av att delar av butiksinredningen, till exempel hyllor, klädställ och möbler, uppfattas av programmet som fasta ogenomträngliga objekt vilket naturligtvis inte skulle inträffa i verkligheten. En del av dessa problem kan tillskrivas programmets begränsningar, och en del rör den förenklade inredningen. Dock uppvisar resultatet stor samstämmighet med uppgifter om verkliga utrymningssituationer på Kärnan Köpcenter varför ovan nämnda osäkerheter är att betrakta som små.

Vidare antas att förutsättningarna för utrymning är som värst då maximalt antal personer vistas i byggnaden. Sannolikt är det också så, men det är viktigt att komma ihåg att detta höga personantal är ovanligt sett över ett helt år. En annan osäkerhet är att simuleringarna har varit väldigt styrda av uppgifter från räddningstjänst och fastighetsägare såtillvida att de flesta personer utrymmer genom huvudentréerna. Även om så har varit fallet vid verkliga utrymningar, kan situationen ändras helt beroende på vilken typ av tillbud det gäller. Utrymningstiden skulle säkerligen bli avsevärt kortare om fler personer valde närmaste väg ut. Vid besök på objektet iakttogs att flera utrymningsvägar var helt eller delvis blockerade vilket styrker antagandet att de flesta utrymmer genom huvudentréerna. Däremot ger detta ingen inblick i hur det i normala fall ser ut eller hur väl utrymningsstrategin fungerar. De blockerade utrymningsvägarna har simulerats genom att minska öppningsarean, det vill säga blockeringen påverkar den area i vilken personer kan passera. Dock tas ingen hänsyn till vilken typ av fysiskt objekt som kan blockera öppningen.

Vid simulering av brand har ett antal förenklingar av geometrin varit nödvändiga. Tvåzonsmodellerna *CFAST* och *ARGOS* klarar endast av att hantera rum i form av rätblock som i sin tur måste uppfylla ett antal kriterier för att beräkningsmodellen ska ge ett rimligt resultat. Detta har medfört svårigheter med att jämföra resultaten med dem från en CFD-modell. Vidare är rumsgeometrin på Kärnan Köpcenter sådan att den kan komma att ge upphov till brandfenomen som inte kan simuleras i datorprogram, vare sig i en tvåzonsmodell eller i en CFD-modell. Vissa uppgifter, såsom takhöjden i lokaler med lutande tak, har av praktiska skäl ej varit möjliga att uppbringa. I dessa fall har en uppskattning gjorts med utgångspunkt från ritningsunderlag och fotografier.

I scenario Ekohallen inhämtades uppgifter om brandgasventilatorer endast muntligt från fastighetsägare. Dessa luckors funktion har av praktiska skäl ej testats. Ej heller finns det någon dokumentation att tillgå. Vid simulering av brand ansattes därför att i bästa fall öppnas alla luckor då aktiveringstemperaturen uppnåtts. I sämsta fallet öppnas endast en lucka, i närheten av brandkällan. Dessa simuleringar har genomgått en enkel form av känslighetsanalys vilken har visat på att ansatsen är rimlig. Dock behövs ytterligare underlag för att med hög säkerhet bedöma brandgasventilationens effekt vid brand.

Tre av de studerade scenarierna berör anlagd brand. Dock har Kärnan, enligt tillgänglig tillbudshistorik se *Appendix F*, ej haft något tillbud kopplat till attentat. Detta till trots antas ändå en anlagd brand vara dimensionerande eftersom antändning då ofta sker med hjälp av en lättantändlig vätska, och därmed får en sådan brand ett snabbare förlopp. I scenario Jysk

Bäddlager antas dock en överhettad glimtändare i lysrörsarmatur i lagerlokalen, vara tändkälla.

De många antaganden som gjorts resulterar i att exempelvis brandgaslagrets höjd och temperatur samt effektutveckling endast bör betraktas som ett mått på brandskyddets och personsäkerhetens robusthet och ej som en bild av ett verkligt scenario.

I simuleringarna gjorda i *FDS* har ett antal antaganden gjorts. Dessa antaganden har grundat sig på diskussioner och teoretiska resonemang för att till minsta möjliga grad påverka robustheten hos simuleringarna. Här avhandlas de antaganden som gjorts och resonemangen bakom dessa. Alla ytor i simuleringarna har antagits vara inerta eller adiabatiska, detta betyder i princip att ingen värme kommer att överföras från brandvolymen till ytorna runt och i volymen. I praktiken innebär detta att ingen värme kommer lämna brandvolymen genom ledning och kommer resultera i värre temperaturförhållanden. I och med att det endast går att bygga upp geometrier av rätblock i *FDS* så har bland annat taklutningen i de båda simuleringarna approximerats med rätblock på bästa möjliga sätt. Denna approximation anses dock uppfylla den funktion som den verkliga takutformningen skulle ha för distribution av brandgaser genom lokalen. Bränslet har approximerats på bästa möjliga sätt för de båda scenarierna, att skapa en exakt modell av förbränningen kan anses vara i princip omöjligt. De värden för sot - och kolmonoxidproduktion som använts till materialen har hämtats ur litteratur[19]. Då rökdetektorer inte kan simuleras av *FDS* har värmedetektorer använts som approximation enligt följande, RTI = 0,5 och aktiveringstemperatur = 33°C (13°C över rumstemperatur). Hur väl denna approximation stämmer överens med verkligheten har inte verifierats, utan har hämtats direkt ur litteratur.

Samtliga simuleringar grundar sig på effektutvecklingskurvor enligt αt^2 vilka är NFPA:s (National Fire Protection Association i USA) idealiserade brandeffektkurvor. Vid val av αt^2-kurvor bortses från det utseende en effektutvecklingskurva skulle få i ett verkligt fall, det vill säga en serie växande, konstanta och avtagande delar. Ett flertal faktorer styr en verklig brands effektutvecklingskurva, vilket medför osäkerheter redan i det stadiet då de idealiserade kurvorna införs. Trots detta valdes dessa kurvor eftersom ingående material och utformning av butikerna omöjliggör en mer exakt och verklighetstrogen effektutvecklingskurva. Experimentella data saknas också över de ingående materialen i den aktuella miljön.

[19] SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd Edition

C1. Känslighetsanalys CFAST

Vid samtliga simuleringar har en enkel form av känslighetsanalys tillämpats. I dessa har vissa förutsättningar, till exempel effektutveckling, brandgasventilation och utrymningsmöjligheter, ändrats dels till det sämre och dels till det bättre ur brandskydds- och utrymningsperspektiv. Detta ger ett visst mått på systemets robusthet vad gäller brandskydd och utrymning. Vid samtliga analyser har ändrade förutsättningar inte påverkat resultatet nämnvärt. Till exempel påverkas inte den totala utrymningstiden nämnvärt om vissa utrymningsvägar är blockerade. Däremot påverkas utrymningsförloppet i just den delen av byggnaden men enbart i det tidiga stadiet. Detsamma gäller för brand då det har visat sig att tiden till kritiska förhållanden beror mer på en lokals utformning i stort än på typ av brandförlopp eller ventilation. I de fall då kritiska förhållanden ej uppnås vid normala förutsättningar blir ändå utrymningstiden avsevärt mindre än den kritiska tiden. Med detta i åtanke bedöms vidare känslighetsanalys ej vara nödvändig.

Nedan redovisas exempel på hur en enkel känslighetsanalys har tillämpats vid simulering av brand i Stadium *Appendix B2.2*.

I. Känslighetsanalys 1

Ett flertal kontroller har genomförts för att kontrollera den valda simuleringens giltighet. En brand med ett α-värde för en mediumbrand, α=0,012 kW/s^2, ger kritiska förhållanden på grund av brandgaslagrets höjd efter drygt 5 minuter. Vid denna tid är byggnaden redan tömd på människor.

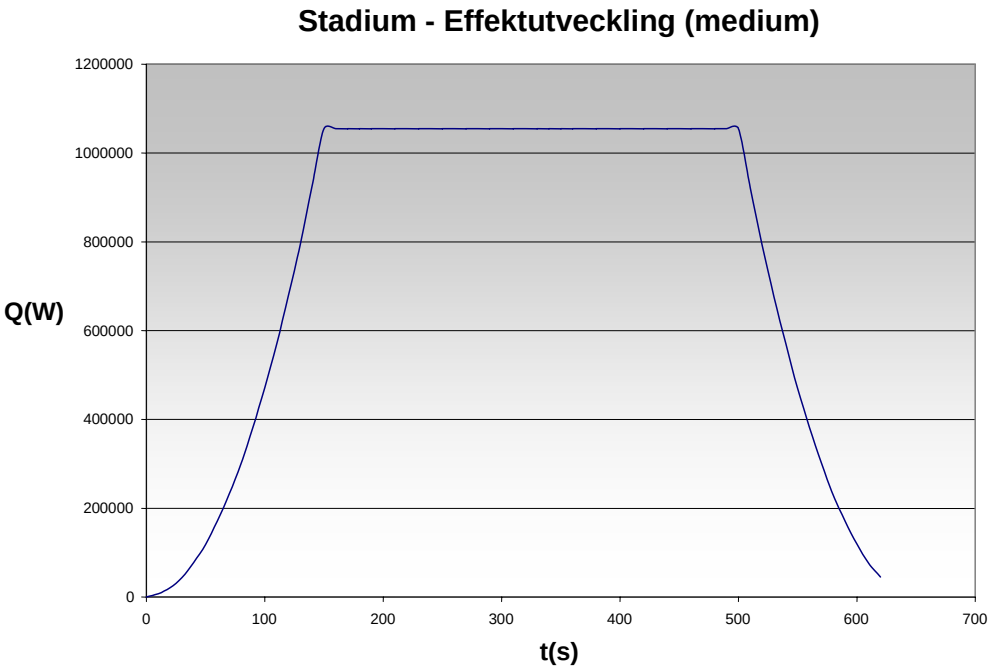


Diagram C1.1. Effektutveckling vid känslighetsanalys 1 i scenario Stadium och Skinnkompaniet.

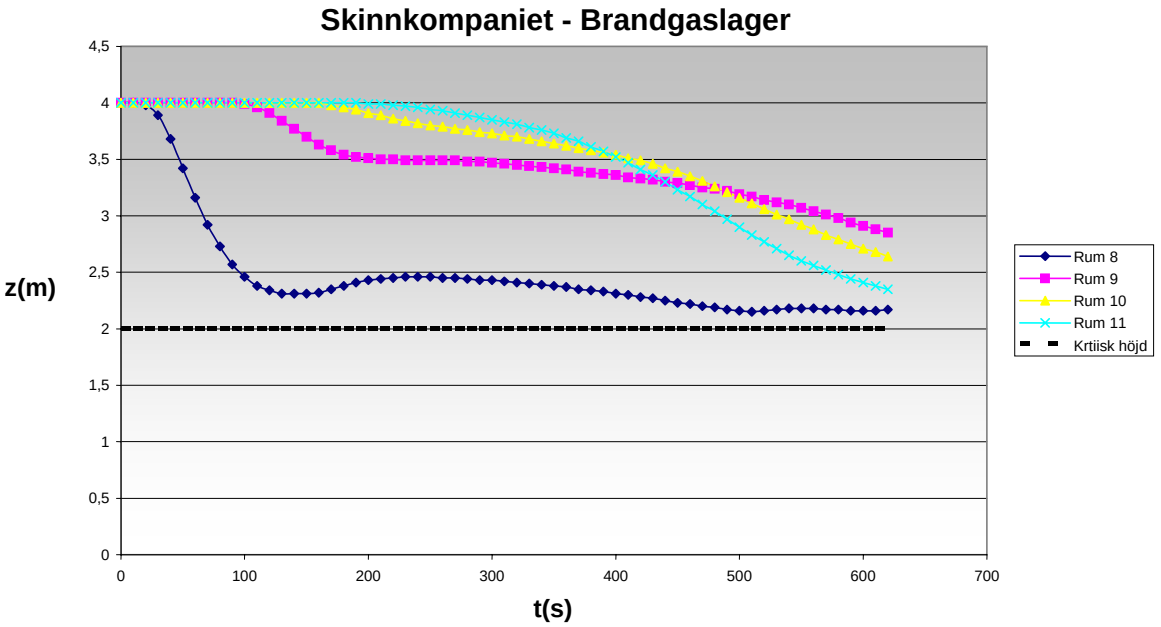


Diagram C1.2. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden, känslighetsanalys 1

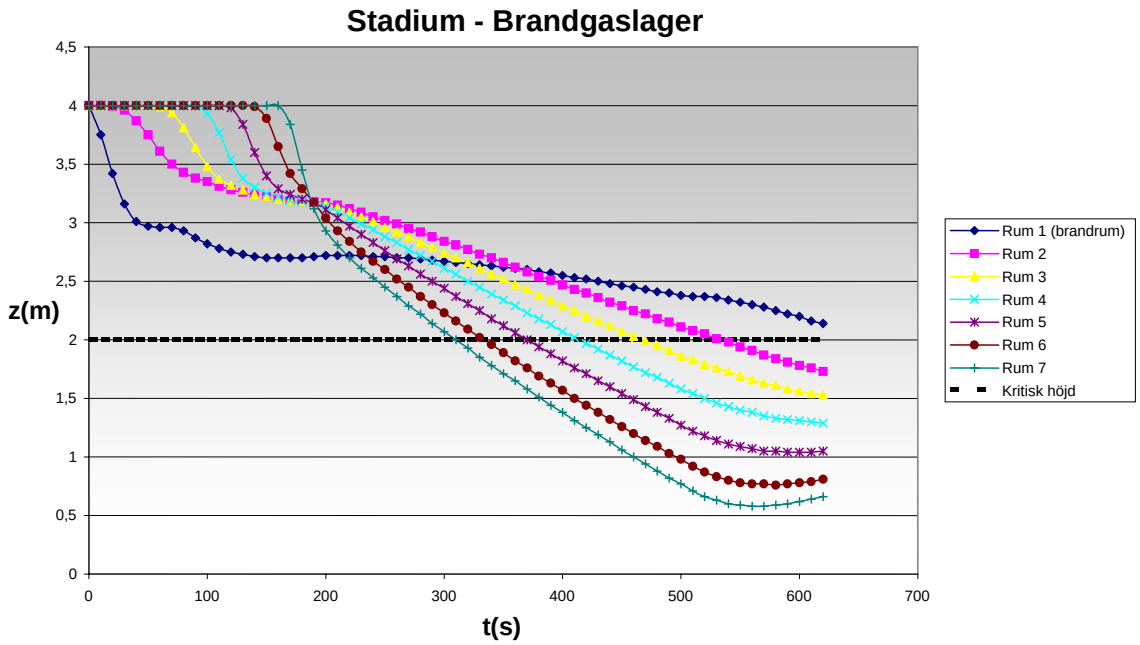
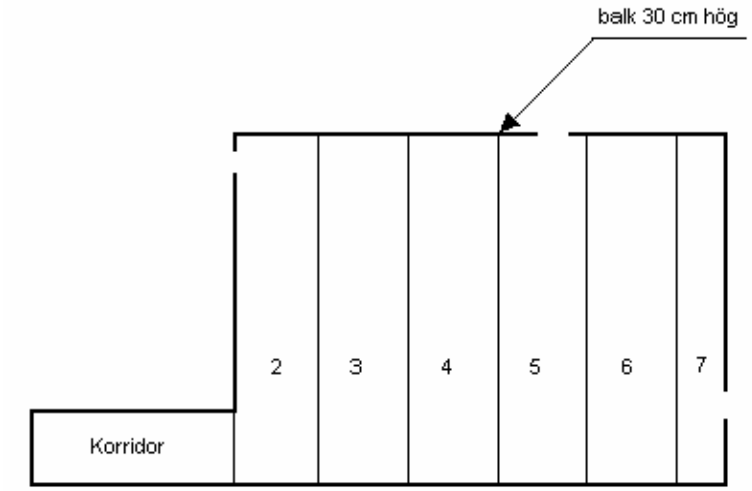


Diagram C1.3. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden, känslighetsanalys 1

II. Känslighetsanalys 2

Vidare testades betydelsen av brandens placering genom att flytta branden till mitten av butiken, branden utvecklades ultrafast. Resultatet och rumsindelning redovisas nedan i *Figur C1.1* och *Diagram C1.4*. En placering av branden på detta sätt ger ingen större förändring av tiden till kritiska förhållanden. Placeras branden mitt i Stadium blockeras ingen utrymningsväg, vilket väger upp eventuella skillnader i den tid under vilken brandgaslagret sjunker. I denna känslighetsanalys var rum 4 brandrum. Det som var brandrum i den ordinarie simuleringen är här benämnt som *Korridor*. Resten av rummen har samma benämning och mått som i den ordinarie simuleringen. Varken temperatur eller strålning når upp till några kritiska värden.



Figur C1.1. Fiktiv rumsindelning i Stadium vid känslighetsanalys 2

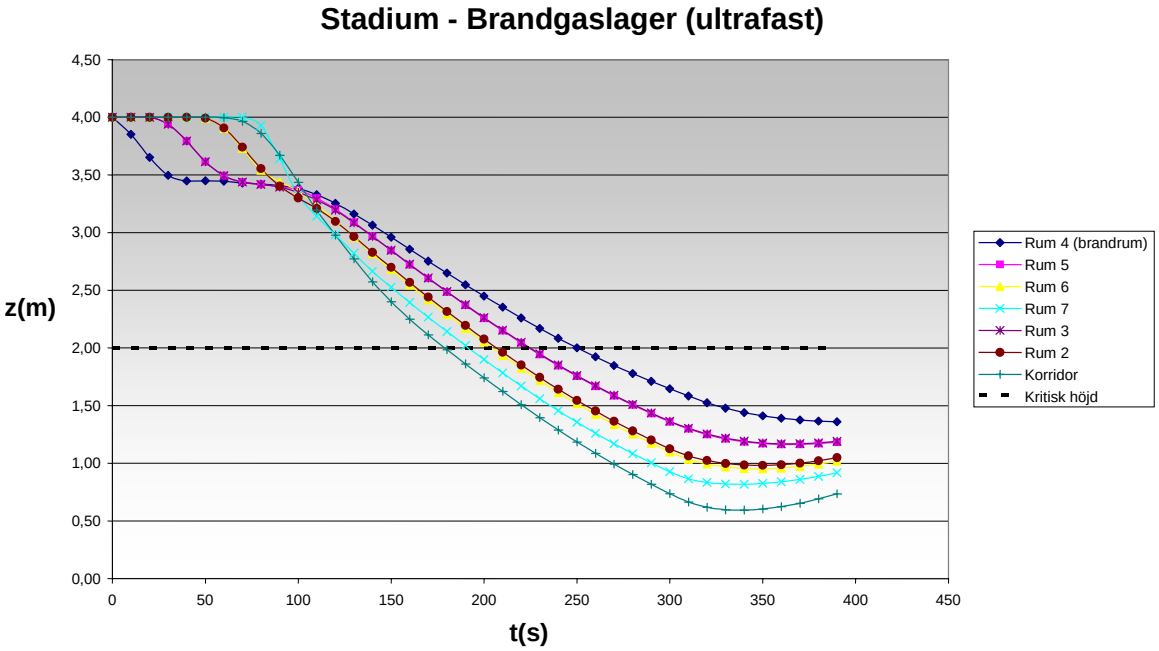
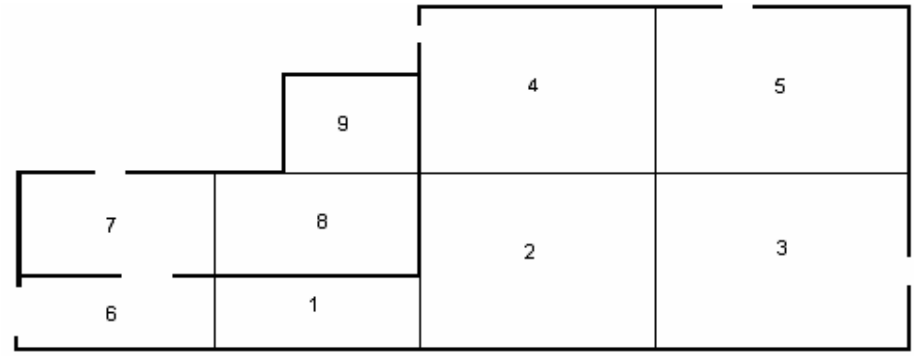


Diagram C1.4. Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden, känslighetsanalys 2

III. Känslighetsanalys 3

Ytterligare en parameter ändrades. Nu delades de fiktiva rummen i Stadiums butiksyta in i fyra delar. Rumsindelning och brandgaslagrets höjd ses nedan. Varken temperatur eller strålning når upp till några kritiska värden.



Figur C1.2. Fiktiv rumsindelning i Stadium vid känslighetsanalys 3

Rum	Rumsmått (längd X bredd X höjd)
1 (brandrum)	12,4 X 4,8 X 4 (m)
2	14 X 16 X 4 (m)
3	14 X 16 X 4 (m)
4	14 X 16 X 4 (m)
5	14 X 16 X 4 (m)
6	12,4 X 4,8 X 4 (m)
7	12,4 X 11,2 X 4 (m)
8	12,4 X 11,2 X 4 (m)
9	10 X 9,6 X 4 (m)

Tabell C1.1. Rumsmått vid känslighetsanalys i Stadium.

Öppningar till utsidan har måtten 1,1 X 2,0 (m) förutom den stora öppningen från rum 6 till utsidan som har måtten 4 X 2,5 (m). Den sistnämnda öppningen stängs dock efter 1 minut. Öppningen mellan rum 6 och 7 har måtten 3,2 X 2,5 (m). För att balkarna, 30 cm höga, som löper genom rummet i verkligheten skall få någon påverkan på brandgasspridningen, har alla öppningar mellan fiktiva rum försetts med balkar. Undantaget är som nämnts öppningen mellan rum 6 och 7.

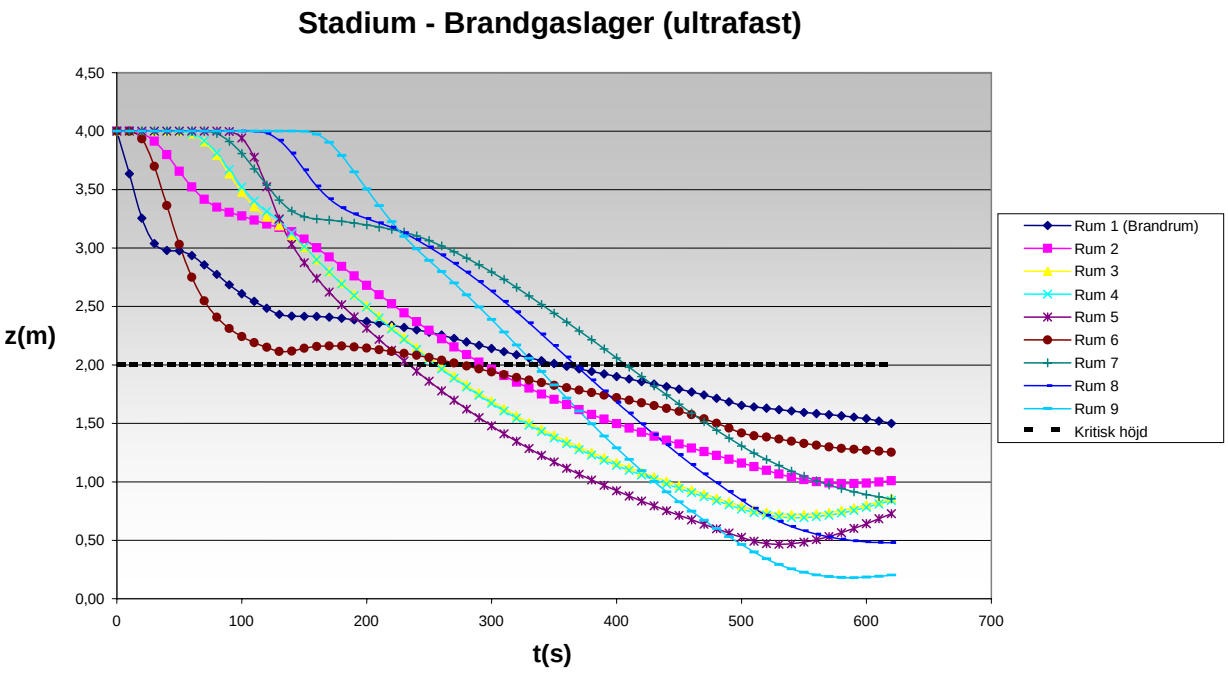


Diagram C1.5, Brandgaslagrets höjd som funktion av tiden, känslighetsanalys 3

C2. Modellverifiering av FDS

C2.1 Gridoberoende

För att verifiera att resultaten från simuleringarna i Jysk och Stadium inte beror på gridstorleken så har dessa simulerats om med finare grid.
I dessa simuleringar har följande grid använts. Över branden och en meter runt den utgörs griden av kuber med sidan 0,0625 m. Resten av volymen utgörs av rätblock med sidomåtten 0,25 m och höjden 0,125 m. Dessa simuleringar har dock bara körts i 150 sekunder, vilket är tillräckligt länge för att avgöra om någon storhet har ett gridberoende

I. Jysk Bäddlager

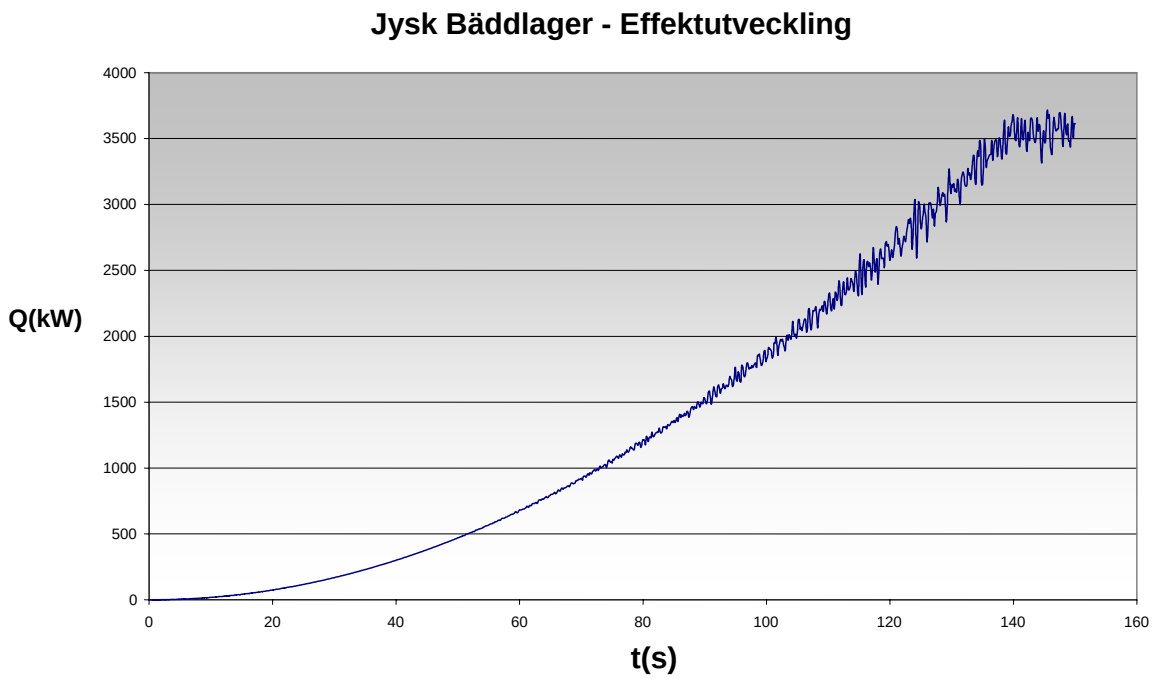
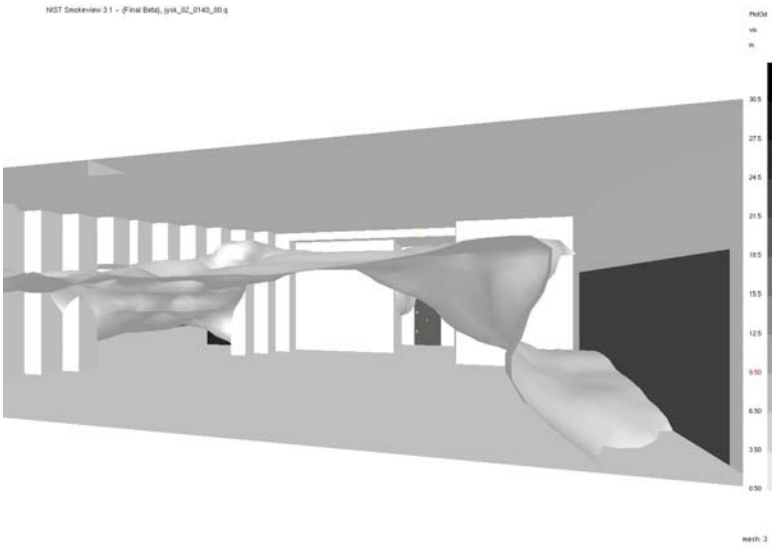


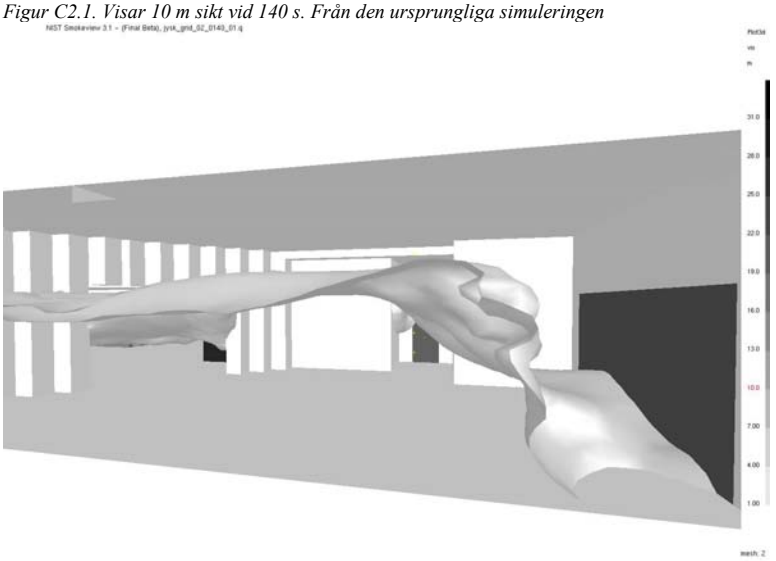
Diagram C2.1. Effektutveckling i Jysk Bäddlager vid gridverifiering i FDS

Här visas exempel av jämförelser av resultaten från simuleringarna med olika gridstorlek.

Visibilitet

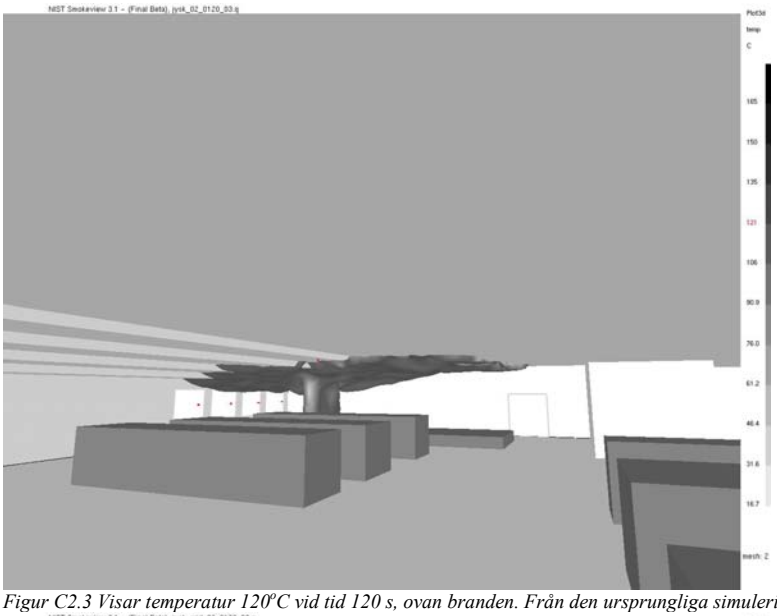


Figur C2.1. Visar 10 m sikt vid 140 s. Från den ursprungliga simuleringen

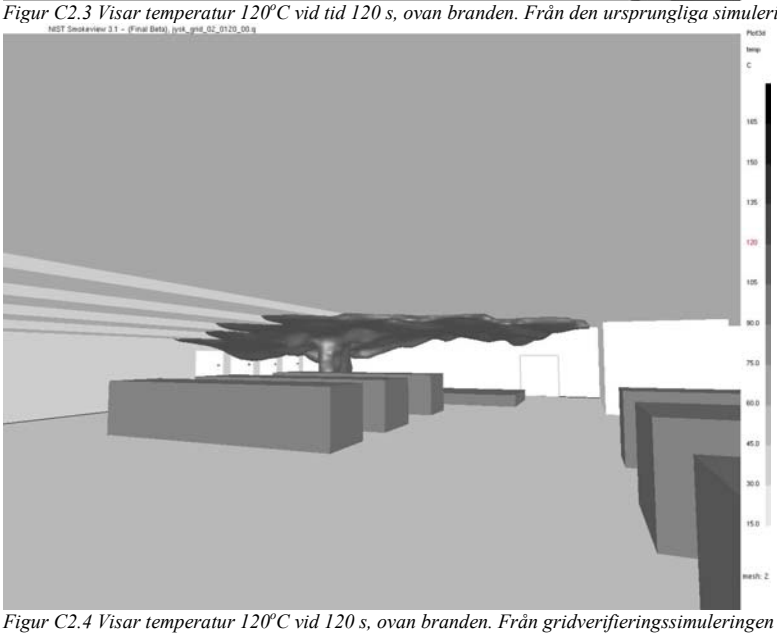


Figur C2.2 Visar 10 m sikt vid 140 s. Från gridverifieringssimuleringen

Temperatur



Figur C2.3 Visar temperatur 120°C vid tid 120 s, ovan branden. Från den ursprungliga simuleringen



Figur C2.4 Visar temperatur 120°C vid 120 s, ovan branden. Från gridverifieringssimuleringen

Analys

Effektutvecklingskurvan för gridverifieringen beter sig precis som den ursprungliga och uppnår samma maximala effekt (se *Diagram C2.1* och *Diagram B2.1*.). Siktförhållanden är i princip identiska för de två simuleringarna och kritiska siktförhållanden inträffar vid samma tid. Detta har verifierats i flera olika delar av lokalen vid flera olika tidpunkter (exempel, se *Figur C2.1-2*). Temperaturen som också analyserats i flera olika delar av lokalen vid flera olika tidpunkter visar en liten skillnad (exempel, se *Figur C2.3-4*). Den finare griden ger med andra ord upphov till en något högre temperatur vid dessa jämförelser. Skillnaden är dock så liten att den inte på något sätt påverkar de kritiska förhållanden som framtagits i denna rapport.

Sammanfattningsvis visar denna analys att den ursprungliga simuleringen är robust m.a.p. gridoberoende.

II. Stadium och Kläd & Skinnkompaniet

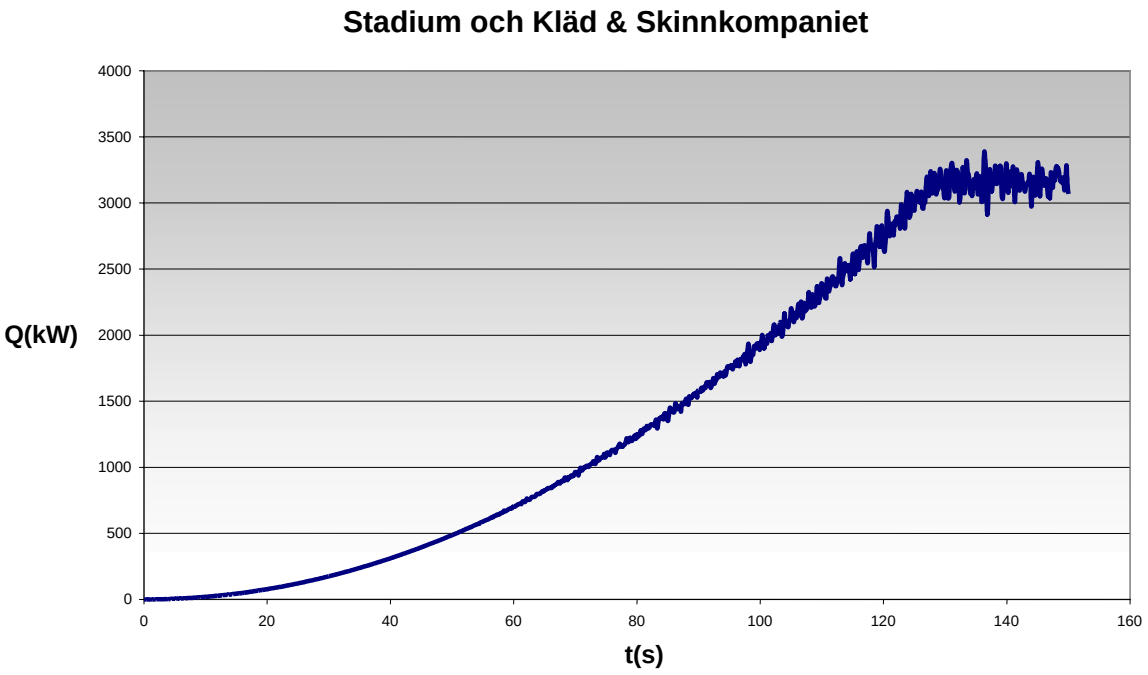
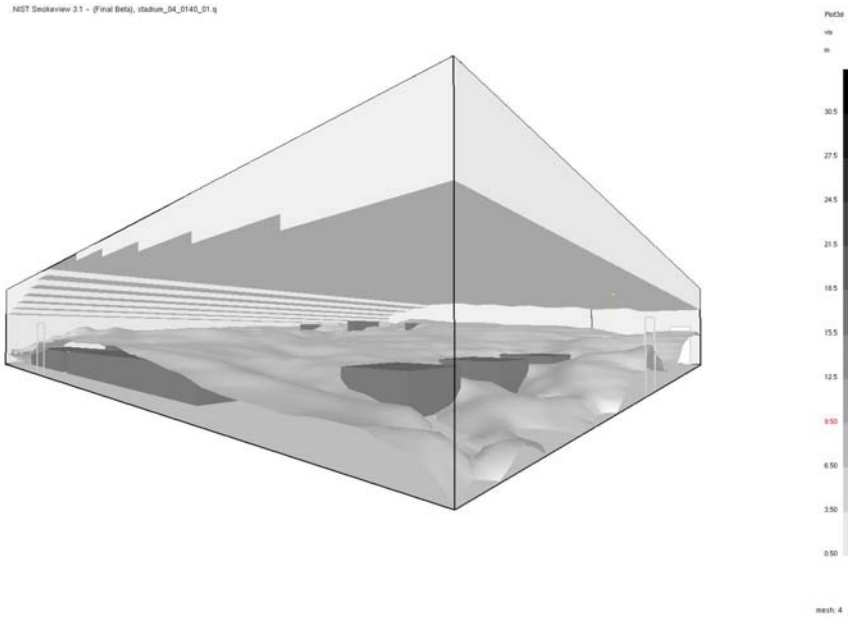


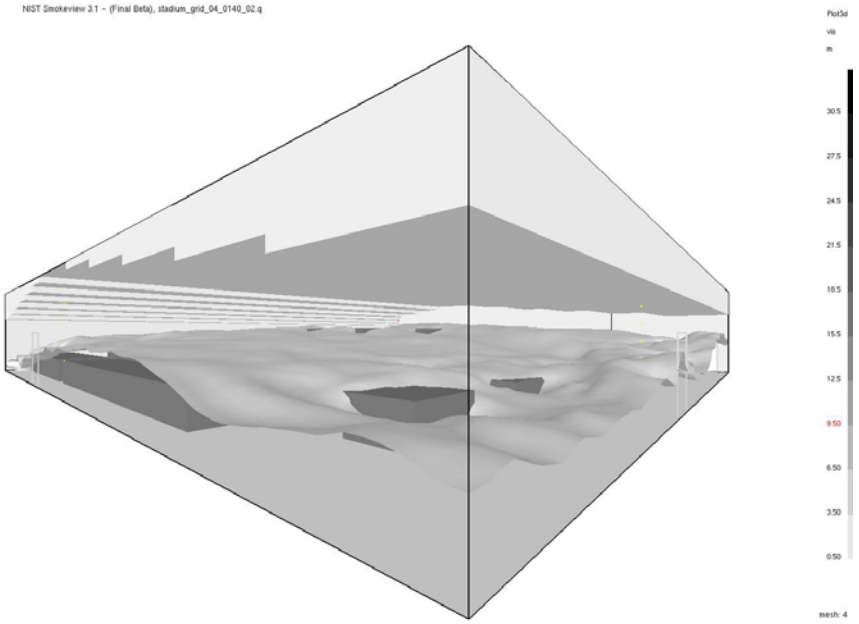
Diagram C2.2 Effektutveckling i Stadium och Kläd & Skinnkompaniet vid gridverifiering i FDS

Här visas exempel av jämförelser av resultaten från simuleringarna med olika gridstorlek.

Visibilitet

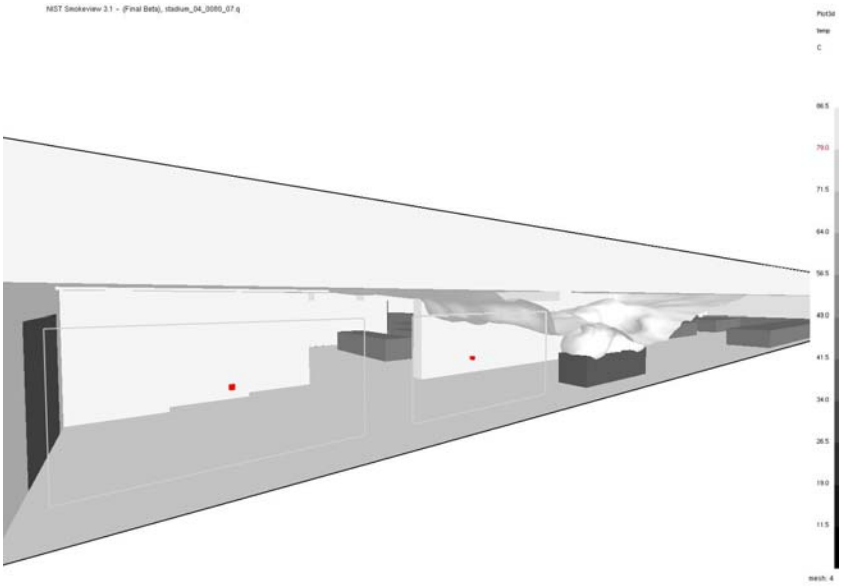


Figur. C2.5. Visar 10 m sikt vid 140 s i Stadiums butiksyta, från den ursprungliga simuleringen

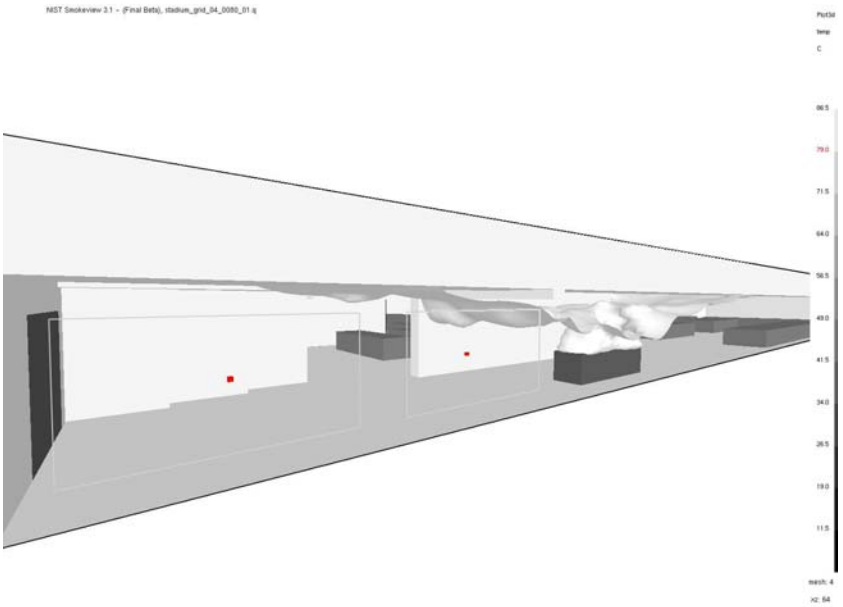


Figur. C2.6. Visar 10 m sikt vid 140 s i Stadiums butiksyta, från gridverifieringssimuleringen

Temperatur



Figur. C2.7. Visar temperatur 80°C vid 80 s i korridor, från den ursprungliga simuleringen



Figur. C2.8. Visar temperatur 80°C vid 80 s i korridor, från gridverifieringssimuleringen

Analys

Effektutvecklingskurvan för gridverifieringen beter sig precis som den ursprungliga och uppnår samma maximala effekt, jämför *Diagram C2.2* och *Diagram B2.4*.

Siktförhållanden är i princip identiska för de två simuleringarna och kritiska siktförhållanden inträffar vid samma tid. Detta har verifierats i flera olika delar av lokalen vid flera olika tidpunkter (exempel, se figur C2.5.-6).

Temperaturen som också analyserats i flera olika delar av lokalen vid flera olika tidpunkter visar en liten skillnad (exempel, se figur C2.7.-8). Den finare griden ger med andra ord även

här upphov till en något högre temperatur vid dessa jämförelser. Skillnaden är dock så liten att den inte på något sätt påverkar de kritiska förhållanden som framtagits i denna rapport.

Sammanfattningsvis visar denna analys att den ursprungliga simuleringen är robust m.a.p. gridoberoende.

C2.2 Dimensionslös effektutveckling

Då FDS antar att branden är turbulent måste en kontroll av den dimensionslösa effekten utföras.

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

Denna skall för att uppfylla kriterierna, vara mellan 0,1 och 2,5[20].

Följande ingående storheter är konstanta och gäller för båda scenarier:

T_∞ = 293 K

c_p = 1,0 kJ/kg

ρ_∞ = 1,2 kg/m^3

g = 9,81 m/s^2

Scenario	Jysk Bäddlager, butik	Stadium och Kläd & Skinnkompaniet
Karaktäristisk diameter	D= 2,26 m	D= 2,26 m
Effektutveckling	$\dot{Q}$ = 3640 kW	$\dot{Q}$ = 3200 kW
Dimensionslös effekt	$\dot{Q}^*$ = 0,43	$\dot{Q}^*$ = 0,38

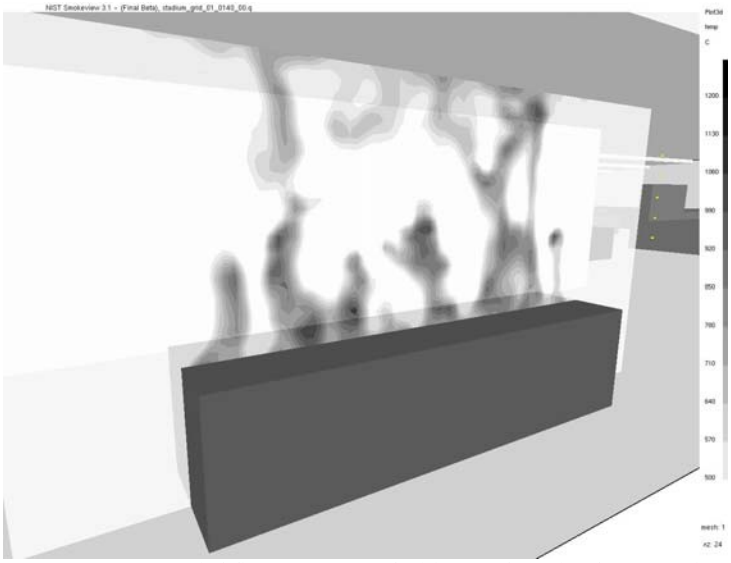
Tabell C2.1. Verifiering av FDS med avseende på dimensionslös effekt

Detta visar att kriteriet 0,1< $\dot{Q}^*$ < 2,5 uppfylls i de båda scenarierna.

C2.3 Flamtemperatur

I *FDS* bör flamtemperaturen inte överstiga 1300 ^oC[20]. Detta har kontrollerats i plot3d filerna för samtliga simuleringar. I simuleringarna med den ursprungliga gridstorleken uppnås temperaturer på högst 800 ^oC. I verifieringssimuleringarna med den finare griden uppnås i små områden av flamman temperaturer av nästan 1200 ^oC.
Sammanfattningsvis konstateras att detta kriterium för flamtemperatur uppfylls.

[20] Interflam 2001



Figur. C2.9. Ett exempel på flamtemperaturens fördelning. Från gridverifieringssimulering av Stadium och Kläd & Skinnkompaniet

C3. Känslighetsanalys FDS

För att få en uppfattning om de olika parametrarnas betydelse för resultatet har en känslighetsanalys av effektutveckling, tillväxthastighet och sotproduktion (soot yield) utförts. Vidare har känslighetsanalys endast utförts för scenario Jysk Bäddlager butik, detta motiveras med att de två scenarierna väldigt mycket liknar varandra med avseende på både geometri, val av fiktiv brand och även resultat.

C3.1 Effektutveckling

För denna simulering ökades effektutvecklingen till det dubbla, 7280 kW. Syftet var med denna simulering att undersöka om resultaten från de ursprungliga simuleringarna har ett starkt beroende av effektutvecklingen. Resultatet visar att både sikt och temperaturförhållanden försämras marginellt snabbare än i det ursprungliga scenariot, men inte alls tillräckligt för att föranleda misstankar om att finns ett för starkt beroende av effektutvecklingen. Tid till kritiska förhållanden för utrymmande blir här drygt 2,5 minuter med avseende på sikt. Temperaturen ger under tiden för utrymning inte heller här upphov till kritiska förhållanden. Inte heller toxiciteten.

C3.2 Tillväxthastighet

För denna simulering minskades tillväxthastigheten från ultra fast (α = 0,188 kW/s^2) till fast (α = 0,047 kW/s^2). Detta ger maximal effektutveckling vid 278 sekunder jämfört med 139 sekunder för den ursprungliga simuleringen. Syftet med denna simulering var att se hur avgörande den snabba tillväxten i första simuleringen var för resultaten. Denna simulering kan vidare tänkas representera antändning utan lättantändligvätska. Resultaten av denna simulering visar att på samma sätt som i övriga simuleringar är det siktförhållanden som blir avgörande för utrymningssäkerheten. Vidare visas att tiden till kritiska siktförhållanden fördröjs med 0,5-1 minut, beroende på vilken del av lokalen som avses. Dock fördröjs också detektionstiden med cirka en minut, vilket sammantaget resulterar i samma utrymningsförutsättningar.

C3.3 Sotproduktion

För denna simulering minskades sotproduktionen (soot yield) till hälften, 0,065 g(sot)/g(brunnet). Detta för att bekräfta att antagandet, att bränslet (sängar) kan approximeras som polyuretan, inte är allt för konservativt. Det vill säga inte bidrar för starkt till de kritiska siktförhållanden som de ursprungliga simuleringarna har uppvisat. Resultatet visar att kritiska siktförhållanden fördröjs marginellt, men inte alls till den grad att ett för starkt beroende kan påvisas. Tid till kritiska siktförhållanden för utrymmande i denna simulering blir drygt 2,5 minuter. Temperatur - och toxicitetsförhållandena är samma som i det ursprungliga scenariot och hotar aldrig utrymmande personer.

D. Beskrivning av använda datorprogram

D1. SIMULEX

I. Allmänt

För att studera ett utrymningsförlopp från en byggnad kan datorprogrammet SIMULEX användas. Det är ett användarvänligt program som beräknar den tid som krävs för att alla personer i en byggnad skall förflytta sig ut ur densamma. Både stora och små byggnader kan simuleras, och även byggnader i flera plan. Ansvar för de resultat som programmet renderar kan inte på något sätt krävas av programmets konstruktörer.

II. Användning

För att kunna beräkna ett utrymningsförlopp krävs ritningar över den aktuella byggnaden skapade i CAD-program. Dessa ritningar exporteras sedan till SIMULEX varpå utgångar kan definieras. När personer sedan utplaceras i SIMULEX, i form av små figurer, går de mot den närmaste utgången, såvida användaren inte styr personerna till en viss utgång. Personerna som placeras ut förflyttar sig med olika hastighet beroende på avståndet till framförvarande person och även personens individuella egenskap, som exempelvis man eller barn. Personernas maximala gånghastighet väljs slumpartat. Vid transport genom trappor minskar personernas gånghastighet. Beroende på den aktuella byggnadens användningsområde kan ett flertal olika personkategorier användas. Exempel på dessa kategorier är pendlare, kontorsarbetare, skolbarn med skolpersonal eller människor som shoppar.

När en simulering har genomförts genererar programmet den totala utrymningstiden och personflödet vid utgångarna. Om användaren så vill kan simuleringen även spelas in för att kunna spelas upp vid ett senare tillfälle. En sådan uppspelning kan då pausas och utrymningssituation vid ett visst tillfälle kan visas. Sådana figurer kan användas för att påvisa var köer kommer att bildas under utrymningen.

D2. CFAST

CFAST[21] är en tvåzonsmodell som kan beräkna konsekvenserna av en specifik brand i en byggnad med flera rum. Programmet är utvecklat av NIST (*National Institution Of Standards and Technology*) och ingår i paketet *Hazard* vilket kan delas in i tre delar, *CFAST*, *CEDIT*, och *CPLOT*.

Användaren lägger in antal rum, öppningar mellan de olika rummen, öppningar ut mot det fria som till exempel fönster (vilket användaren själv kan bestämma när de ska vara öppna), omslutningsareor för varje rum, material för omslutningsareor, hur länge branden skall tillväxa, tillväxthastighet etc.

Begränsningar för programmet är bland annat missvisande värden i långa korridorer då det istället kan bli välblandat och tvåzonsmodellen ej gäller. Rumsgeometrin måste också vara i form av rätblock så vissa förändringar från verkligheten kan behöva göras.

[21] http://fast.nist.gov/CFAST.html, www.nfpa.org

D3. ARGOS

ARGOS[22] är en tvåzonsmodell framtagen av *Danish Institute of Fire and Security Technology*. I programmet kan upp till fem rätblocksformade rum simuleras vilka delas in i en eller två zoner. *ARGOS* bygger, i likhet med *CFAST*, på *McCaffrey´s* ekvationer för massflöde, se *Figur D3.1* nedan.

Continuous flame:

$$\frac{m}{q_c} = 0.011 \cdot \left(\frac{z}{q_c^{0.4}} \right)^{0.566} \qquad for\ 0 < \frac{z}{q_c^{0.4}} < 0.08$$

Intermittent:

$$\frac{m}{q_c} = 0.026 \cdot \left(\frac{z}{q_c^{0.4}} \right)^{0.909} \qquad for\ 0.08 < \frac{z}{q_c^{0.4}} < 0.20$$

Plume:

$$\frac{m}{q_c} = 0.124 \cdot \left(\frac{z}{q_c^{0.4}} \right)^{1.895} \qquad for\ 0.20 < \frac{z}{q_c^{0.4}} < \infty$$

Figur D3.1. McCaffrey´s massflödesekvationer för olika flamregioner.

Effektutvecklingen i *ARGOS* kan beskrivas med hjälp av sex olika standard modeller:

- Brand i fast material
- Brand i smältande material
- Vätskebrand i tank eller pool
- Glödbrand
- Brand beskriven av αt^2 eller annan typbrand
- Brand beskriven av experimentella data

Begränsningar i *ARGOS* är bland annat att rum i olika våningar ej kan simuleras. Vidare antas effektutvecklingen vara oberoende av molfraktionen syre i brandrummet, så länge syrehalten ej understiger 10,5 mol%, vilket ger en något överskattad effektutveckling

[22] *Argos Theory Manual*, edited by Bjarne Husted

D4. FDS - Fire Dynamics Simulator

I. Allmänt

FDS[23] är en computational fluid dynamics (CFD) modell, avsedd som namnet avslöjar för simulering av brandförlopp. Programmet har utvecklats av National Institute of Standards and Technology (NIST).
FDS-paketet består av två separata program: *FDS*, som numeriskt löser de Navier-Stokes ekvationer som är själva kärnan av *FDS*. Samt *SMOKEVIEW*, som är ett visualiserings program använt för att visa resultaten av en simulering.
Till skillnad från *CFAST* som delar in rummen i två zoner, en kall och en varm, så delas i *FDS* hela brandvolymen in i många (kring 1 miljon) celler. För dessa celler löses sedan kontinuitetsekvationerna för massa, energi och rörelse. Hela teorin bakom samt de förenklingar och antaganden som görs av programmet är väldigt komplicerade. Dessutom pågår fortfarande forskning kring många av de fenomen som programmet simulerar.
Experiment hos *NIST* har visat att *FDS* vid storskaliga bränder har förutspått flödeshastigheter och temperaturer med mindre än 20% avvikelser från experimentella resultat[24].

II. Användning

I valfri texteditor skapas indatafiler genom att beskriva det scenario som ska simuleras med olika kommandolinjer och parametrar. När scenariot har beskrivits ska utdata specificeras, det vill säga vilka storheter som ska studeras. För varje storhet finns ett antal olika visualiseringsmöjligheter som t. ex. isosurface, slicefiles och punktmätningar.
När indatafilen är klar ska den köras i *FDS*. Detta kan ta lång tid då processorn ska lösa de förenklade kontinuitetsekvationerna för alla celler (ofta fler än en miljon). En simulering kan ta uppemot en vecka eller mer och genererar en stor mängd utdata, upp till tiotals gigabyte. För varje simulering bör man verifiera gridoberoende, samt utföra en känslighetsanalys. Att skapa dessa indatafiler så väl som tolkning av utdata kräver god kunskap inom både brandämnen och programmet i sig.

[23] http://fire.nist.gov/fds
[24] FDS - User´s guide, 2002

D5. DETACT-T2

DETACT-T2 är ett enkelt program framtaget för att beräkna aktiveringstid för sprinkler eller värmedetektorer vars känselelement måste värmas upp av de varma brandgaserna. Effekten från branden antas följande uttryck.

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

där $\dot{Q}$ är effekten, t är tiden och α är en konstant.

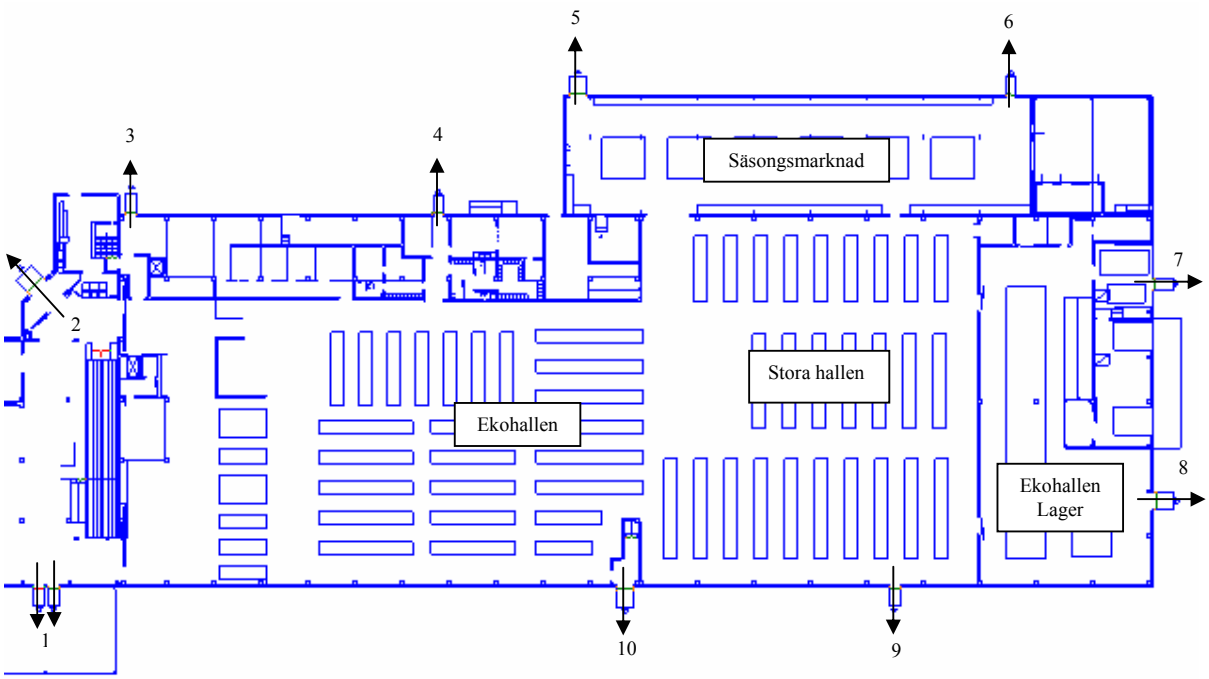
Med vissa antaganden kan programmet även användas för att beräkna aktiveringstiden för en rökdetektor, dock grovt förenklat.
De indata som programmet erfordrar är

- rumshöjd
- det horisontella avståndet från centrum på brandplymen till känselelementet
- omgivningstemperaturen
- aktiveringstemperaturen
- RTI-värdet
- ett värde på konstanten α (fördefinierat i programmet)

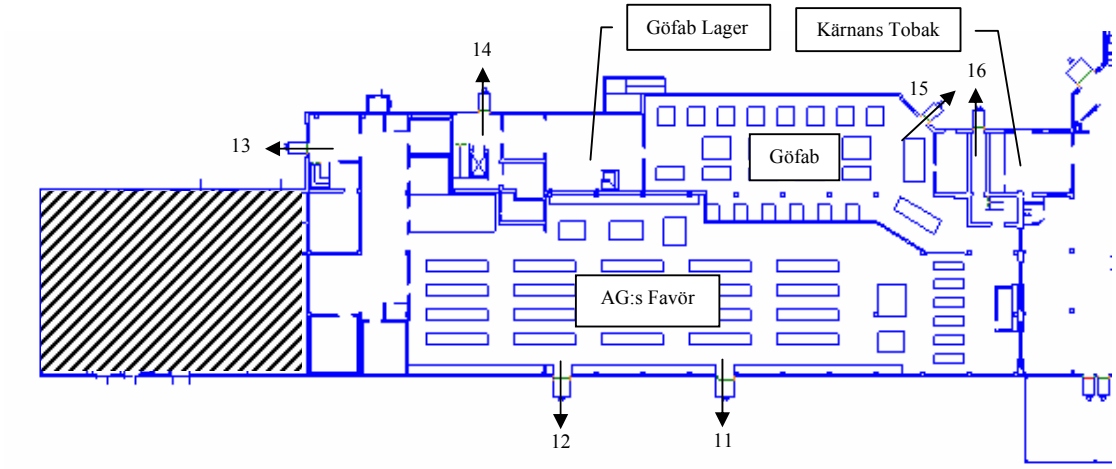
För rökdetektorer är lämpliga värden för aktiveringstemperatur en temperaturstegring om 13°C eller ett RTI-värde om 0,5. I viss litteratur kan lägre värden på temperaturgränsen hittas men i detta arbete har 13°C använts.

E. Ritningar

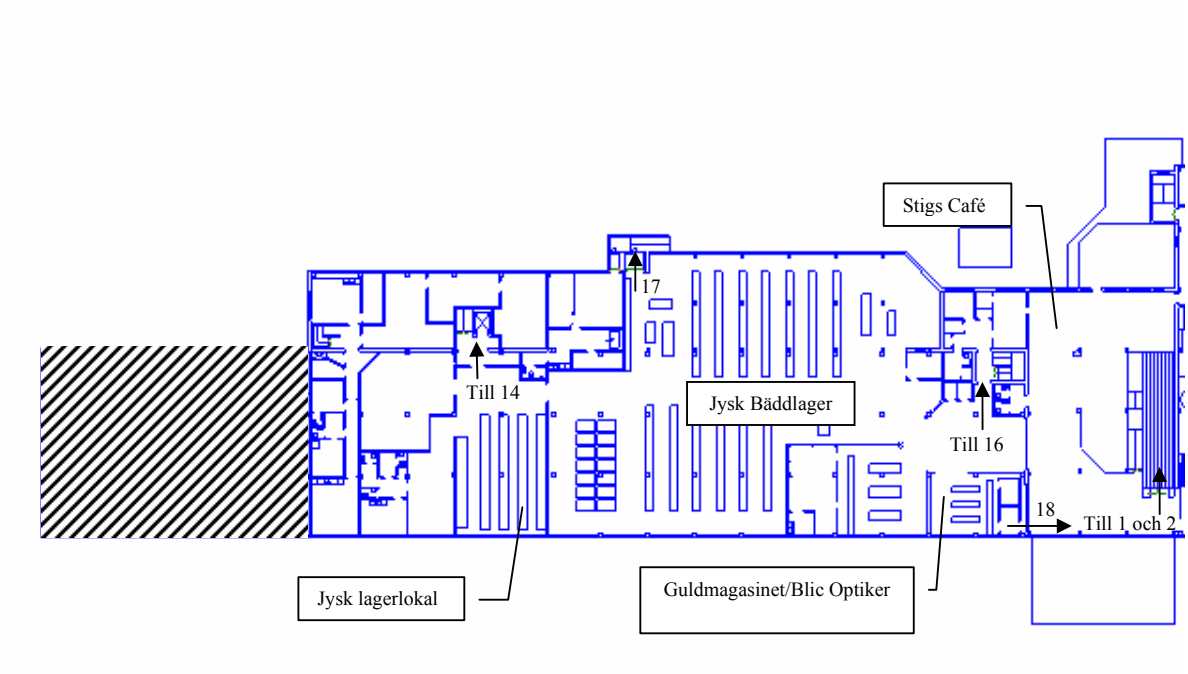
Nedan redovisas det ritningsunderlag som använts vid brand- och utrymningssimuleringar. De numrerade pilarna indikerar befintliga utrymningsvägar beskrivna under 9.*2 Utrymningsstrategi*.



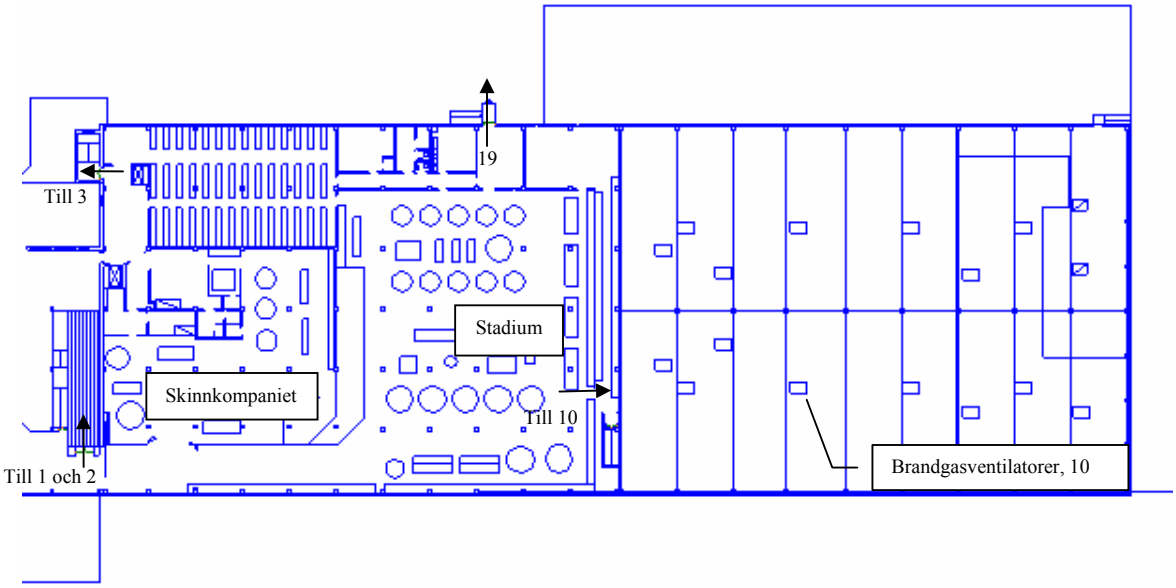
Figur E1. Planskiss bottenvåning norra delen.



Figur E2. Planskiss bottenvåning södra delen



Figur E3. Planskiss övervåning södra delen



Figur E4. Planskiss övervåning norra delen

F. Tillbudshistorik

Följande är hämtat från räddningstjänsten i Värnamo. Där aktuell butik inte anges saknades denna information i materialet från räddningstjänsten.

2003-08-10 11:59:00
En anställd på Ekohallen ringer och vill ha hjälp med att släcka en pyrande brand i en plantering. Han har själv gjort försök att släcka men känner sig osäker. Bil 502 med besättning åker dit och gör en insats. Enligt uppringaren är det en cigarettfimp som orsakat branden.

2003-07-23 11:22:00
Automatlarm utlöst på grund av värdeväska. Rött pulver i väskan utlöste larmet. Rummet finns vid kassorna inne på AG:s Favör. Den röda röken ventilerades ut från rummet och butikslokalen övertrycksventilerades.

2003-07-14 09:04:00
Automatiskt brand larm AG:s Favör. Larm troligtvis orsakat av rök från bakugn.

2003-01-17 15:13:00
Automatiskt brandlarm orsakat av hantverkare. Ingen indikering på att detektorn löst ut. Troligtvis kortslutning pga vatten i detektorn. Återställning. Ingen åtgärd.

2002-03-30 09:28:00
Larmet hade utlöst p.g.a. rök från en kycklinggrill. Lokalen redan ventilerad då räddningstjänsten anlände till platsen.

2002-10-15 08:38:49
Larm från Kärnan Köpcenter. Vid framkomst möter Fredrik som är anställd på Corallen upp och meddelar att man brutit strömmen i fastigheten för att utföra visst underhåll. Då strömmen var bruten tände några anställda på AG:s Favör upp ett antal marschaller för att få ett bättre ljus i lokalen. Detta resulterade i att brandlarmet utlöste. Räddningstjänsten ventilerade lokalen så att larmet kunde återställas.

1999-08-22 00:59:00
En papperslykta hade tagit eld under en kräftskiva på Stigs Café. Den var helt uppbrunnen och deltagarna hade släckt resterna när räddningstjänsten kom fram.

G. Besöksstatistik

karnan

Besökare per mätintervall 2001-12-01 - 2001-12-31 Sida 23 av 30

Mätpunkt	Mätdatum	Klockan			Antal
1 malmöväg	2001-12-22				
		06:00	-	07:00	2
		09:00	-	10:00	34
		10:00	-	11:00	315
		11:00	-	12:00	523
		12:00	-	13:00	578
		13:00	-	14:00	581
		14:00	-	15:00	522
		15:00	-	16:00	437
		16:00	-	17:00	331
		17:00	-	18:00	257
		18:00	-	19:00	27
		21:00	-	22:00	2
				Summa	3 609
2 trappa	2001-12-22				
		06:00	-	07:00	4
		07:00	-	08:00	1
		09:00	-	10:00	7
		10:00	-	11:00	136
		11:00	-	12:00	176
		12:00	-	13:00	225
		13:00	-	14:00	207
		14:00	-	15:00	152
		15:00	-	16:00	138
		16:00	-	17:00	91
		17:00	-	18:00	7
		20:00	-	21:00	1
				Summa	1 145
3 baksida	2001-12-22				
		06:00	-	07:00	2
		07:00	-	08:00	6
		08:00	-	09:00	5
		09:00	-	10:00	26
		10:00	-	11:00	918
		11:00	-	12:00	1 030
		12:00	-	13:00	1 236
		13:00	-	14:00	1 212
		14:00	-	15:00	1 040
		15:00	-	16:00	1 016
		16:00	-	17:00	657
		17:00	-	18:00	249
		18:00	-	19:00	13
		20:00	-	21:00	5
		21:00	-	22:00	15
		22:00	-	23:00	2
				Summa	7 430
4 rulltrappa	2001-12-22				
		06:00	-	07:00	1
		07:00	-	08:00	9
		08:00	-	09:00	2
		09:00	-	10:00	7
		10:00	-	11:00	505
		11:00	-	12:00	597
		12:00	-	13:00	754
		13:00	-	14:00	825
		14:00	-	15:00	645
		15:00	-	16:00	696
		16:00	-	17:00	254
		17:00	-	18:00	14
		20:00	-	21:00	1
		21:00	-	22:00	6
		22:00	-	23:00	3
				Summa	4 319
				Summa 2001-12-22	16 503

Besöksstatistik för Kärnan fr.o.m. sep 2002 t.o.m. aug 2003

	Månad	Övervåning	Summa	Totalt	Övervån %
2002	September	53 054	200 148	147 094	36%
	Oktober	57 425	218 451	161 026	36 %
	November	60 488	249 853	189 365	32%
	December	89 162	313 534	224 372	40%
2003	Januari	59 901	227 334	167 433	36%
	Februari	51 359	200 610	149 251	34 %
	Mars	61 349	247 685	186 336	33%
	April	58 572	240 463	181 891	32%
	Maj	62 547	261 054	198 507	32%
	Juni	56 920	228 183	171 263	33 %
	Juli	59 324	215 286	155 962	38%
	Augusti	60 335	213 680	153 345	39%
		730 436	**2 816 281**	**2 085 845**	**35%**

H. Enkät

Hej!
Vi är en grupp brandingenjörsstudenter från Lunds Tekniska Högskola. Denna enkät är en del i ett projekt gällande brandskyddet på Kärnans Köpcentrum. Syftet med enkäten är att få en helhetsbild av fastighetens brandskydd. Det berör alltså inte de enskilda butikerna. Resultatet från enkätundersökningen kommer eventuellt att användas som statistiskt underlag i vår rapport. Inga enskilda enkäter kommer att studeras eller publiceras.

Tack på förhand!

Med vänliga hälsningar

Frej, Daniel, Henrik, Henric

1 Hur länge har Du jobbat på Din nuvarande arbetsplats?

……..

2 Hur ser Ditt schema ut?

☐ Heltid ☐ Deltid ☐ Timanställd

3 Har ni genom arbetet fått någon form av utbildning i rutiner vid brand?

☐ Ja ☐ Nej

Om ja, hur ofta genomgår ni sådan utbildning?

☐ Mer sällan ☐ En gång per år ☐ Oftare

Om ja, hur lång tid pågår ett sådant utbildningstillfälle?

☐ En dag ☐ En halv dag ☐ Några timmar

4 Har ni deltagit i brand- /utrymningsövningar på Kärnan köpcenter?

☐ Ja ☐ Nej

Om ja, hur ofta har ni sådana övningar?

☐ Mer sällan ☐ En gång per år ☐ Oftare

Var god vänd →

5 Har ni i er butik en handlingsplan för utrymning vid larm, d.v.s. vilka som gör vad?

☐Ja ☐Nej ☐Vet ej

Om ja, vad består dessa uppgifter av ? Ge exempel
…….

6 Om brand- /utrymningslarmet skulle gå nu, vet Du vad Din uppgift är?

☐ Ja ☐Nej ☐Vet ej

7 Har hela köpcentret en gemensam handlingsplan?

☐ Ja ☐ Nej ☐ Vet ej

Om ja, beskriv den kortfattat
…….

8 Hur upplever ni brandsäkerheten på er arbetsplats?

☐ Dålig ☐Godkänd ☐ Bra

Motivera gärna……..

9 Har ni varit med om eller hört talas om något tillbud under er tid här?

☐Ja ☐Nej

Om ja, beskriv kortfattat händelseförloppet

…….

Syfte

Fråga 1-7: Att få veta om personalen på de olika butikerna på något sätt har fått utbildning eller instruktioner i hur de ska agera vid en utrymningssituation (ex. ställa upp nödutgångar, eskortera kunder mot närmsta nödutgång eller ta reda på mer information). Samt att få veta om denna utbildning är generell för hela köpcentret eller om varje butik ansvarar för sin egen utbildning.

Fråga 8: Att få veta personalens subjektiva åsikter och hur de upplever säkerheten på sin arbetsplats.

Fråga 9: Den här frågan är till för att komplettera den statistik/historik angående larm/utryckningar som räddningstjänsten tillhandahållit gruppen. D.v.s. de händelser som kunde gått illa men åtgärdades innan larmet hann gå till räddningstjänsten.

I. SIMULEX, in- och utdata

Number of Floors = 1
Number of Staircases = 7
Number of Exits = 20
Number of Links = 14
Number of People = 1428

Floor 0 (DXF file: Kärnan-start2.dxf) (Size: 274.185,349.505 metres)
Number of People Initially in This Floor = 1428
Link 1 : (155.49,169.51 m), -90.00 degrees, 2.00 m wide, connected to Rullband
Link 2 : (155.50,59.16 m), 90.00 degrees, 2.00 m wide, connected to Rullband
Link 3 : (153.25,61.60 m), 90.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Trappa entré
Link 4 : (153.24,155.98 m), -90.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Trappa entré
Link 5 : (65.85,167.44 m), -90.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Trappa 1
Link 6 : (67.21,75.30 m), 180.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Trappa 1
Link 7 : (81.50,169.49 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 2
Link 8 : (81.47,76.20 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 2
Link 9 : (138.03,163.15 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 3
Link 10 : (138.05,71.90 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 3
Link 11 : (156.60,179.39 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 4
Link 12 : (157.23,88.79 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 4
Link 13 : (211.75,149.88 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 5
Link 14 : (211.73,61.92 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Trappa 5
MV 1 : (148.89,144.45 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide
MV 2 : (150.32,144.44 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide
AG 1 : (92.35,144.30 m), 90.00 degrees, 1.80 m wide
AG 2 : (109.85,144.28 m), 90.00 degrees, 1.80 m wide
AG L : (64.93,169.07 m), 0.00 degrees, 1.20 m wide
Göfab L : (84.04,172.98 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide
Göfab : (131.36,172.14 m), -133.88 degrees, 1.20 m wide
Bak : (137.01,171.11 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide
HE : (148.44,176.59 m), -45.00 degrees, 2.20 m wide
EKO 1 : (211.14,144.30 m), 90.00 degrees, 1.80 m wide
EKO 2 : (239.81,144.41 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide
EKO L 1 : (267.54,153.66 m), 180.00 degrees, 1.80 m wide
EKO L 2 : (267.43,176.66 m), 180.00 degrees, 1.20 m wide
SM 2 : (252.14,196.70 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide
SM 1 : (206.15,196.85 m), -90.00 degrees, 1.80 m wide
EKO 3 : (191.29,184.21 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide
EKO 4 : (158.68,184.18 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide
Stadium : (198.75,94.18 m), -90.00 degrees, 1.20 m wide
Jysk : (99.69,83.03 m), -90.00 degrees, 1.90 m wide
Göfab Öv : (97.49,82.94 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Rullband (Size: 2.000,19.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 1 : (1.00,19.00 m), 90.00 degrees, 2.00 m wide, connected to Floor 0
Link 2 : (1.00,0.00 m), 270.00 degrees, 2.00 m wide, connected to Floor 0

Trappa entré (Size: 1.000,8.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 3 : (0.50,0.00 m), 270.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Floor 0
Link 4 : (0.50,8.00 m), 90.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Floor 0

Trappa 1 (Size: 1.000,8.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 5 : (0.50,8.00 m), 90.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Floor 0
Link 6 : (0.49,0.00 m), 270.00 degrees, 1.00 m wide, connected to Floor 0

Trappa 2 (Size: 1.200,5.200 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 7 : (0.60,5.20 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0
Link 8 : (0.60,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0

Trappa 3 (Size: 1.200,10.500 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 9 : (0.57,10.50 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0
Link 10 : (0.60,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0

Trappa 4 (Size: 1.200,10.500 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 11 : (0.60,10.50 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0
Link 12 : (0.60,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0

Trappa 5 (Size: 1.200,7.000 metres)
Number of People Initially in This Stair = 0
Link 13 : (0.60,7.00 m), 90.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0
Link 14 : (0.60,0.00 m), 270.00 degrees, 1.20 m wide, connected to Floor 0

All people reached the exit in 5:02.9.

Number of people through all exits over 5-second periods

Time(s),	N (People)
5	0
10	0
15	0
20	0
25	0
30	0
35	0
40	0
45	0
50	0
55	1
60	9
65	21
70	61
75	94
80	112
85	120
90	101
95	103
100	84
105	56
110	53
115	42
120	36
125	35
130	32
135	30
140	25
145	21
150	28
155	22
160	16
165	22
170	23
175	29
180	17
185	15
190	13
195	13
200	16
205	14
210	12
215	11
220	18
225	16
230	19
235	16
240	11
245	11
250	9
255	6
260	10
265	8
270	4
275	1
280	1
285	0
290	0
295	0
300	0
305	0

J. CFAST, indata Ekohallen

```
VERSN    3User Defined Base Case
#VERSN 3 User Defined Base Case
TIMES    865      0     10     20      0
DUMPR EKO2.HIS
ADUMP EKO2.XLS N
TAMB  293.150        101300. 0.000000
EAMB  293.150        101300. 0.000000
HI/F  0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
WIDTH  12.0000  12.0000  12.0000  12.0000  12.0000  12.0000  12.0000  12.0000  12.0000
DEPTH  13.0000  13.0000  13.0000  13.0000  13.0000  13.0000  13.0000  13.0000  13.0000
HEIGH  6.00000  6.00000  6.00000  6.00000  6.00000  6.00000  6.00000  6.00000  6.00000
CEILI GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM
WALLS CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#CEILI GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM   GYPSUM
#WALLS CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE CONCLITE
#FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
HVENT  1  2  1  13.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  2  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000,1.00000,1.00000,   1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  1  4  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1  4  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  1 10  1  7.50000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  1 10  2  7.50000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  1 10  3  4.50000  2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1 10  3       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  1 10  4  4.50000  2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  1 10  4       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  2  3  1  13.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  2  3  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  2  5  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  2  5  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  2 10  1  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  2 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  2 10  2  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  2 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  3  6  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  3  6  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  3 10  1  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
```

```
CVENT  3 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  3 10  2  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  3 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  3 10  3  1.20000  2.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  3 10  3       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
0.969072      0.884536      0.800000      0.715464      0.628866      0.000000      0.000000
0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.000000
HVENT  4  5  1  13.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  4  5  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  4  7  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  4  7  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  4 10  1  10.0000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  4 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  4 10  2  10.0000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  4 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  4 10  3  13.0000  2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  4 10  3       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  5  6  1  13.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  5  6  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  5  8  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  5  8  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  5 10  1  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  5 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  5 10  2  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  5 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  6  9  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  6  9  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  6 10  1  3.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  6 10  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  6 10  2  3.66000  2.43000  2.42915 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  6 10  2       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  7  8  1  13.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  7  8  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
```

```
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  7 10  1  7.50000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  7 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  7 10  2  7.50000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  7 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  7 10  3  6.00000  2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  7 10  3       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  8  9  1  12.0000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  8  9  1       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  8 10  1  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  8 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  8 10  2  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  8 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  9 10  1  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  9 10  1      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  9 10  2  5.00000  6.00000  5.80000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  9 10  2      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.538538      0.578793      0.619048      0.659303      0.700540       1.00000       1.00000
1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
1.00000
HVENT  9 10  3  1.20000  2.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT  9 10  3       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000       1.00000
0.909353      0.830027      0.750700      0.671373      0.590112      0.000000      0.000000
0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.000000
CHEMI  16.0000  50.0000  10.0000 1.95000E+007  293.150  493.150 0.300000
LFBO 3
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000  1.00000 0.000000
FTIME       41.0000       82.0000       123.000       164.000       205.000       246.000
287.000       328.000       370.000       750.000       791.000       832.000       873.000
914.000       955.000       996.000       1037.00       1078.00       1120.00
FAREA      0.500000      0.901961       1.30392       1.70588       2.10784       2.38245
2.43632       2.49019       2.54406       2.59925       3.00000       3.00000       3.00000
3.00000       3.00000       3.00000       3.00000       3.00000       3.00000       3.00000
FMASS      0.000000    0.00404301     0.0161721     0.0363871     0.0646881      0.101075
0.145549      0.198108      0.258753      0.329262      0.329262      0.260333      0.199490
0.146734      0.102064     0.0654794     0.0369812     0.0165689    0.00424264      0.000000
FQDOT      0.000000       78838.9       315356.       709550.  1.26142E+006  1.97097E+006
2.83820E+006  3.86311E+006  5.04569E+006  6.42061E+006  6.42061E+006  5.07650E+006
3.89007E+006  2.86132E+006  1.99025E+006  1.27685E+006       721134.       323094.
82731.6      0.000000
HCR       0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000
0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000
0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000     0.0800000
OD        0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
CO        0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000     0.0300000
DETECT  1  1    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  2    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  3    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
```

```
DETECT  1  4    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  5    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  6    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  7    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  8    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
DETECT  1  9    304.261  6.50000  6.00000  5.99900    50.0000  0   0.000000
SELECT 1 2 3
#GRAPHICS ON
DEVICE 1
WINDOW    0.    0. -100. 1280. 1024. 1100.
LABEL  1  970.  960.    0. 1231. 1005.   10. 15 00:00:00 0.00  0.00
GRAPH  1  100.   50.    0.  600.  475.   10. 3 TIME HEIGHT
GRAPH  2  100.  550.    0.  600.  940.   10. 3 TIME CELSIUS
GRAPH  3  720.   50.    0. 1250.  475.   10. 3 TIME FIRE_SIZE(kW)
GRAPH  4  720.  550.    0. 1250.  940.   10. 3 TIME O|D2|O()
HEAT   0 0 0 0 3   1 U
HEAT   0 0 0 0 3   2 U
HEAT   0 0 0 0 3   3 U
HEAT   0 0 0 0 3   4 U
HEAT   0 0 0 0 3   5 U
HEAT   0 0 0 0 3   6 U
HEAT   0 0 0 0 3   7 U
HEAT   0 0 0 0 3   8 U
HEAT   0 0 0 0 3   9 U
TEMPE  0 0 0 0 2   1 U
TEMPE  0 0 0 0 2   2 U
TEMPE  0 0 0 0 2   3 U
TEMPE  0 0 0 0 2   4 U
TEMPE  0 0 0 0 2   5 U
TEMPE  0 0 0 0 2   6 U
TEMPE  0 0 0 0 2   7 U
TEMPE  0 0 0 0 2   8 U
TEMPE  0 0 0 0 2   9 U
INTER  0 0 0 0 1   1 U
INTER  0 0 0 0 1   2 U
INTER  0 0 0 0 1   3 U
INTER  0 0 0 0 1   4 U
INTER  0 0 0 0 1   5 U
INTER  0 0 0 0 1   6 U
INTER  0 0 0 0 1   7 U
INTER  0 0 0 0 1   8 U
INTER  0 0 0 0 1   9 U
O2     0 0 0 0 4   1 U
O2     0 0 0 0 4   2 U
O2     0 0 0 0 4   3 U
O2     0 0 0 0 4   4 U
O2     0 0 0 0 4   5 U
O2     0 0 0 0 4   6 U
O2     0 0 0 0 4   7 U
O2     0 0 0 0 4   8 U
O2     0 0 0 0 4   9 U
```

K. ARGOS, indata Ekohallen

Corallen Ekohallen
2003-11-01 12:42:59

Rooms

Rum 1
Room use: Finished goods store
Average height [m]: 6
Max. length [m]: 26,5
Floor type: Concrete floor
Room area [m2]: 351
Base Ceiling: Steel + mineral wool, 50 mm
Stock
Combustible liquids
25 Floor area [%]:
Combustible solids
25 Floor area [%]:
Incombustible liquids
25 Floor area [%]:
Incombustible solids
25 Floor area [%]:
Smoke venting, Smoke detector:
Smoke detector (0,4)
Distance between detectors [m]: 8
Mechanical extract [m3/s]: 0
Average height above floor [m]: 6
Smoke sensitivity [dB/m]: 0,4
Total opening area [m2]: 0,5
Printed 2003-11-01 13:03:
Rum 2
Room use: Finished goods store
Average height [m]: 6
Max. length [m]: 26,5
Floor type: Concrete floor
Room area [m2]: 351
Base Ceiling: Steel + mineral wool, 50 mm
Stock
Combustible liquids
25 Floor area [%]:
Combustible solids
25 Floor area [%]:
Incombustible liquids
25 Floor area [%]:
Incombustible solids
25 Floor area [%]:
Smoke venting, Smoke detector:
Smoke detector (0,4)
Distance between detectors [m]: 8
Mechanical extract [m3/s]: 0
Average height above floor [m]: 6

Smoke sensitivity [dB/m]: 0,4
Total opening area [m2]: 0,5
Rum 3
Room use: Finished goods store
Average height [m]: 6
Max. length [m]: 26,5
Floor type: Concrete floor

Room area [m2]: 351
Base Ceiling: Steel + mineral wool, 50 mm
Stock
Combustible liquids
25 Floor area [%]:
Combustible solids
25 Floor area [%]:
Incombustible liquids
25 Floor area [%]:
Incombustible solids
25 Floor area [%]:
Printed 2003-11-01 13:03:04
Smoke venting, Smoke detector:
Smoke detector (0,4)
Distance between detectors [m]: 8
Mechanical extract [m3/s]: 0
Average height above floor [m]: 6
Smoke sensitivity [dB/m]: 0,4
Total opening area [m2]: 0,5
Rum 4
Room use: Finished goods store
Average height [m]: 6
Max. length [m]: 26,5
Floor type: Concrete floor
Room area [m2]: 351
Base Ceiling: Steel + mineral wool, 50 mm
Stock
Combustible liquids
25 Floor area [%]:
Combustible solids
25 Floor area [%]:
Incombustible liquids
25 Floor area [%]:
Incombustible solids
25 Floor area [%]:
Smoke venting, Smoke detector:
Smoke detector (0,4)
Distance between detectors [m]: 8
Mechanical extract [m3/s]: 0
Average height above floor [m]: 6
Smoke sensitivity [dB/m]: 0,4
Total opening area [m2]: 0,5

Walls

Base wall: concrete external wall
Base wall width: 18
Prefab.

L. FDS, indata Jysk Bäddlager

```
&HEAD CHID='jysk', TITLE='Anlagd brand-jysk' /

&GRID IBAR=48,JBAR=24,KBAR=32 /
&PDIM XBAR0=1.5, XBAR=7.5, YBAR0=3.5, YBAR=6.5, ZBAR0=0, ZBAR=4 /

&GRID IBAR=162,JBAR=120,KBAR=16 /
&PDIM XBAR0=0, XBAR=42, YBAR0=0, YBAR=30, ZBAR0=0, ZBAR=4 /


&GRID IBAR=48,JBAR=72,KBAR=16 /
&PDIM XBAR0=39, XBAR=51, YBAR0=0, YBAR=18, ZBAR0=0, ZBAR=4 /

&REAC ID='POLYURETHANE'
    FYI='C_6.3 H_7.1 N O_2.1, NFPA Handbook, Babrauskas'
    MW_FUEL    = 130.3
    FUEL_N2    = 0.5
    NU_CO2     = 6.3
    NU_H2O     = 3.55
    NU_O2      = 7.025
SOOT_YIELD = 0.131
CO_YIELD=0.06        /

&MISC REACTION='POLYURETHANE'/

&TIME TWFIN=600./

&SURF ID ='FIRE', HRRPUA=910, TAU_Q=-139/

&OBST XB=        2.5,6.5,4.5,5.5,0.0,0.5  BLOCK_COLOR='RED' SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT' /


&OBST XB=        2.5,6.5,14.0,14.5,0.0,0.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /jysk inredning
&OBST XB=        2.5,6.5,6.5,14.0,0.0,0.5         BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        9.0,11.0,5.0,12.0,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        13.5,15.5,5.0,12.0,0.0,1.5       BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        17.0,19.0,5.0,12.0,0.0,1.5       BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        10.0,14.0,22.0,26.0,0.0,1.0      BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        16.5,18.0,18.0,26.0,0.0,1.5      BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        20.5,22.5,18.0,26.0,0.0,1.5      BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        25.0,27.0,18.0,26.0,0.0,1.5      BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        29.5,31.5,18.0,26.0,0.0,1.5      BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /
&OBST XB=        34.0,37.0,22.0,26.0,0.0,1.0      BLOCK_COLOR='MAGENTA'        /


&OBST XB=        42.0,45.5,14.5,25.0,0.0,4.0                                                    /
&OBST XB=        45.5,47.5,20.0,25.0,0.0,4.0                                                    /
&OBST XB=        45.5,46.0,16.5,17.0,0.0,2.25     BLOCK_COLOR='BLACK'                           /nödut
&OBST XB=        47.0,47.5,16.5,17.0,0.0,2.25     BLOCK_COLOR='BLACK'                           /nödut
&OBST XB=        45.5,47.5,16.5,17.0,2.25,4.0     BLOCK_COLOR='BLACK'                           /nödut
&OBST XB=        46.0,47.0,16.5,17.0,0.0,2.25     BLOCK_COLOR='RED'            T_REMOVE=-1      /nödut
&OBST XB=        47.5,51.0,13.0,25.0,0.0,4.0                                                    /
&OBST XB=        50.5,51.0,0.0,7.5,0.0,4.0                                                      /
&OBST XB=        50.5,51.0,12.5,13.0,0.0,4.0                                                    /
&OBST XB=        50.5,51.0,7.5,12.5,2.5,4.0                                                     /
&OBST XB=        50.5,51.0,7.5,12.5,0.0,2.5       BLOCK_COLOR='RED'            T_CREATE=-1      /brandport
&OBST XB=        38.0,38.5,17.5,15.0,0.0,1.0      BLOCK_COLOR='BLUE'                            /jysk kassa
&OBST XB=        38.5,42.0,15.0,15.5,0.0,1.0      BLOCK_COLOR='BLUE'                            /
&OBST XB=        0.0,8.0,18.0,30.0,0.0,4.0                                                      /jysk kontor2
&OBST XB=        38.0,42.0,17.5,21.0,0.0,4.0                                                    /jysk kontor1
&OBST XB=        39.0,39.5,6.5,7.0,0.0,4.0                                                      /pelaren


&OBST XB=        25.0,25.5,0.0,9.5,0.0,4.0                                         /guldmagasiner
&OBST XB=        25.5,30.5,0.0,9.0,0.0,4.0                                         /
&OBST XB=        31.5,32.0,0.5,8.5,0.0,1.0        BLOCK_COLOR='BLUE'               /
&OBST XB=        25.0,37.0,9.0,9.5,0.0,4.0                                         /
&OBST XB=        34.5,35.0,6.5,7.0,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
&OBST XB=        35.5,36.0,6.5,7.0,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
&OBST XB=        35.0,35.5,5.5,6.0,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
&OBST XB=        34.0,37.0,2.0,3.0,0.0,1.0        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
&OBST XB=        38.0,38.5,1.0,5.5,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /


&OBST XB=        44.5,50.5,6.5,7.0,0.0,4.0                                         /blic
&OBST XB=        48.5,50.5,0.0,6.5,0.0,4.0                                         /
&OBST XB=        47.0,47.5,0.5,6.5,0.0,1.0        BLOCK_COLOR='BLUE'               /
&OBST XB=        39.5,44.5,6.5,7.0,2.5,4.0                                         /
&OBST XB=        39.5,40.0,1.0,5.5,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
&OBST XB=        43.0,45.5,1.0,2.0,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
&OBST XB=        43.0,45.5,3.5,4.5,0.0,1.5        BLOCK_COLOR='MAGENTA'            /
```

```
&OBST XB=    41.5,42.0,14.0,14.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /öppning jysk
&OBST XB=    41.0,41.5,13.5,14.0,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    40.5,41.0,13.0,13.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    40.0,40.5,12.5,13.0,2.75,4.0   SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    39.5,40.0,12.0,12.5,2.75,4.0   SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    39.0,39.5,11.5,12.0,2.75,4.0   SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    38.5,39.0,11.0,11.5,2.75,4.0   SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    38.0,38.5,10.5,11.0,2.75,4.0   SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    37.5,38.0,10.0,10.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    37.0,37.5,9.5,10.0,0.0,4.0     SAWTOOTH=.FALSE.    /

&OBST XB=    37.0,37.5,9.5,10.0,2.5,4.0     SAWTOOTH=.FALSE.    /öppning guldmag
&OBST XB=    37.0,37.5,8.5,9.0,2.5,4.0      SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    37.5,38.0,8.0,8.5,2.5,4.0      SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    38.0,38.5,7.5,8.0,2.5,4.0      SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    38.5,39.0,7.0,7.5,2.5,4.0      SAWTOOTH=.FALSE.    /

&OBST XB=    38.0,42.0,29.5,30.0,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /hörnet i jysk
&OBST XB=    38.5,42.0,29.0,29.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    39.0,42.0,28.5,29.0,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    39.5,42.0,28.0,28.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    40.0,42.0,27.5,28.0,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    40.5,42.0,27.0,27.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    41.0,42.0,26.5,27.0,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    41.5,42.0,26.0,26.5,0.0,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /

&OBST XB=    0.0,68.0,0.0,2.0,3.0,4.0       SAWTOOTH=.FALSE.    /taklutning
&OBST XB=    0.0,68.0,2.0,4.0,3.25,4.0      SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    0.0,68.0,4.0,6.0,3.5,4.0       SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    0.0,68.0,6.0,8.0,3.75,4.0      SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    0.0,68.0,14.0,18.0,3.75,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    0.0,68.0,18.0,22.0,3.5,4.0     SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    0.0,68.0,22.0,26.0,3.25,4.0    SAWTOOTH=.FALSE.    /
&OBST XB=    0.0,42.0,26.0,30.0,3.0,4.0     SAWTOOTH=.FALSE.    /

&VENT XB=    0.0,0.0,14.0,16.0,0.0,2.25     SURF_ID='OPEN'                  /dörr till lager
&VENT XB=    9.0,10.0,30.0,30.0,0.0,2.25    SURF_ID='OPEN'   T_OPEN=-1      /nödut:trappa
&OBST XB=    9.0,10.0,29.75,30.0,0.0,2.25                    T_CREATE=120.   /
&VENT XB=    51.0,51.0,7.5,12.5,0.0,2.5     SURF_ID='OPEN'                  /brandport
&VENT XB=    46.0,47.0,18.0,18.0,0.0,2.25   SURF_ID='OPEN'   T_OPEN=-1      /dörr vid brandport

&VENT XB=    0.5,2.5,0.0,0.0,1.0,2.5        SURF_ID='OPEN'   T_OPEN=-2      /fönster 1
&VENT XB=    3.0,5.0,0.0,0.0,1.0,2.5        SURF_ID='OPEN'   T_OPEN=-3      /2
&VENT XB=    5.5,7.5,0.0,0.0,1.0,2.5        SURF_ID='OPEN'   T_OPEN=-4      /3
&VENT XB=    8.0,10.0,0.0,0.0,1.0,2.5       SURF_ID='OPEN'   T_OPEN=-5      /4

&HEAT XYZ=   10.0,7.5,3.75    RTI=0.5    ACTIVATION_TEMPERATURE=33.    /rök dekkare
&HEAT XYZ=   1.5,0.5,1.75     RTI=0      ACTIVATION_TEMPERATURE=300.   /fönstertest 1
&HEAT XYZ=   4.0,0.5,1.75     RTI=0      ACTIVATION_TEMPERATURE=300.   /2
&HEAT XYZ=   6.5,0.5,1.75     RTI=0      ACTIVATION_TEMPERATURE=300.   /3
&HEAT XYZ=   9.0,0.5,1.75     RTI=0      ACTIVATION_TEMPERATURE=300.   /4

&THCP XYZ=   46.5,12.0,3.5    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='1' DTSAM=5.0/    träd 1
&THCP XYZ=   46.5,12.0,3.0    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='2'    /    träd 1
&THCP XYZ=   46.5,12.0,2.5    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='3'    /    träd 1
&THCP XYZ=   46.5,12.0,2.0    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='4'    /    träd 1
&THCP XYZ=   46.5,12.0,1.5    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='5'    /    träd 1
&THCP XYZ=   46.5,12.0,1.0    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='6'    /    träd 1
&THCP XYZ=   46.5,16.0,3.5    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='7'    /    träd 2
&THCP XYZ=   46.5,16.0,3.0    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='8'    /    träd
&THCP XYZ=   46.5,16.0,2.5    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='9'    /    träd 2
&THCP XYZ=   46.5,16.0,2.0    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='10'   /    träd 2
&THCP XYZ=   46.5,16.0,1.5    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='11'   /    träd 2
&THCP XYZ=   46.5,16.0,1.0    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='12'   /    träd 2
&THCP XYZ=   9.5,28.0,2.75    QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='13'   /    träd 3
&THCP XYZ=   9.5,28.0,2.5     QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='14'   /    träd 3
&THCP XYZ=   9.5,28.0,2.0     QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='15'   /    träd 3
&THCP XYZ=   9.5,28.0,1.5     QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='16'   /    träd 3
&THCP XYZ=   9.5,28.0,1.0     QUANTITY='TEMPERATURE'    LABEL='17'   /    träd 3

&PL3D DTSAM=5.0 QUANTITIES='TEMPERATURE','U-VELOCITY','V-VELOCITY','W-VELOCITY','visibility'/

&SLCF        PBY=11.0         DTSAM=10.0    QUANTITY='carbon monoxide'    /
&SLCF        PBX=9.5          DTSAM=10.0    QUANTITY='carbon monoxide'    /
&SLCF        PBX=46.5         DTSAM=10.0    QUANTITY='carbon monoxide'    /
```

M. Resultat klädbrand 3/10 -03

M1. Branden

Branden utgjordes av ca 110 jackor av skiftande slag. Jackorna hängdes i två parallella led med ca 55 i varje i en container. Den sammanlaga vikten av jackorna låg på ungefär 25 kg. Antändning skedde i en lång jacka med en öppen låga på ca 10 cm. Dörrarna till containern var öppna under hela branden.

M2. Massavbrinning

Massavbrinningen mättes med tre lastceller. Resultatet ses i *Diagram M1* nedan. Resultatet i diagram 1 bygger på ett slags medelvärde på massavbrinningen var 5 sekund.

M3. Effektutveckling

Effektutvecklingen erhålls genom ett ΔH_c på 26 MJ/kg (medelvärde mellan bomull, polyester och nylon) samt en förbränningseffektivitet på 70 % (antagande). Resultatet redovisas i *Diagram M2* nedan.

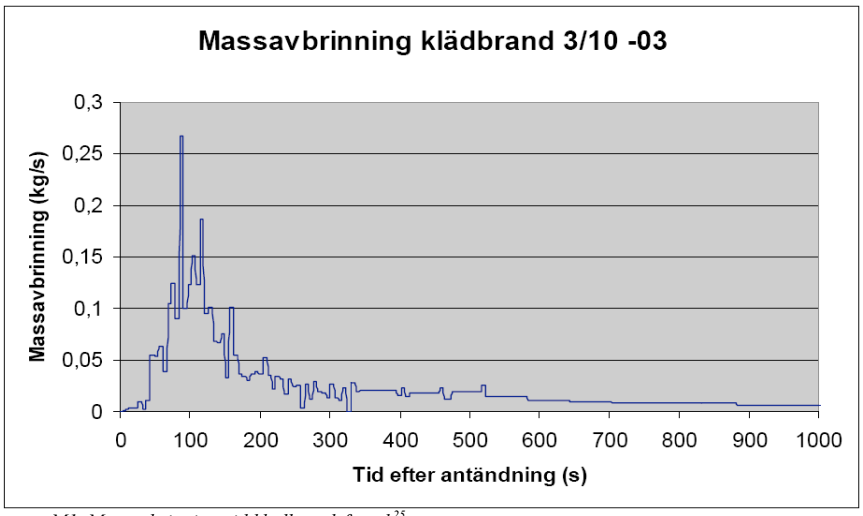


Diagram M1. Massavbrinning vid klädbrandsförsök[25].

[25] Björn Johansson, 2003

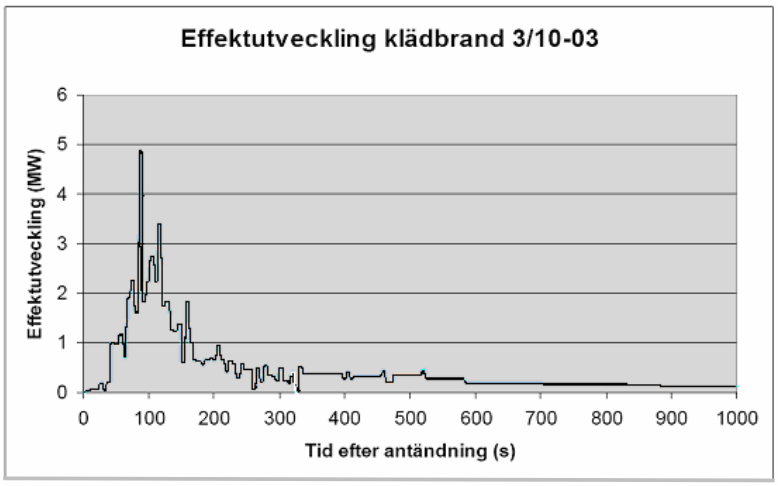


Diagram M2. Effektutveckling vid klädbrandsförsök[26]

[26] Björn Johansson, 2003

N. Räddningstjänstens checklistor vid besiktning

N1. Checklista för passivt brandskydd

Brandskyddskontroll av att;	Ok	Anm.
Automatiskt brandlarm månads- och kvartalsprovas		
Utrymningsvägarna ej är blockerade		
Brandcellsavskiljande dörrar fungerar och sluter tätt		
Vägledande markeringar (gröna skyltar) är väl synliga och lyser		
Brandsläckare finns på angivna platser och att plomberingen ej är bruten		
Sprinklersystem fungerar (manometer inkommande tryck)		
Onödigt brännbart material ej förvaras i utrymningsvägarna		
Dörrar till rum med mycket brännbart materiel hålls stängda		
Elektrisk apparatur i kontors- och butiksutrymmen är i gott skick		
Hantering av brandfarlig vara följer gällande bestämmelser		
Allmän ordning i el- och ventilationsutrymmen		
Kontroll av yttre miljö beträffande brandsäkerhet		

Tabell N1. Exempel på checklista som räddningtjänsten använder vid brandbesiktning på Kärnan Köpcenter.

N2. Checklista för brandskyddskontroll

Pkt.	Brandskyddskontroll av att;	OK	Datum	Sign.
1	- utrymningsvägar ej är blockerade			
2	- brandcellsavskiljande dörrar fungerar och sluter tätt			
3	- utrymningsplaner finns på de platser de ska			
4	- vägledande markeringar (gröna skyltar) är väl synliga och lyser			
5	- nödljusarmaturer är hela och fungerar			
6	- brandsläckare finns på angivna platser och att plomberingen ej är bruten			
7	- inomhusbrandposter fungerar			
8	- personalen vet hur man ska utrymma			
9	- larmet är i drift och fungerar som det ska			
10	- ritningar mm finns i centralapparaten			
11	- all personal kan larmrutinerna			
12	- onödigt brännbart material ej förvaras i utrymningsvägar och förråd.			
13	- all personal erhållit brandskyddsutbildning			
14	- elektrisk apparatur är hel och servas vid behov			

Tabell N2. Exempel på checklista som räddningtjänsten använder vid brandbesiktning på Kärnan Köpcenter