



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Utrymning från slutna anstalter



Ett problem gällande den brandtekniska säkerheten.

Gunilla Nilsson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5159, Lund 2005

Utrymning av slutna anstalter
Ett problem gällande den brandtekniska säkerheten

Gunilla Nilsson

Lund 2005

Utrymning från slutna anstalter – Ett problem gällande den brandtekniska säkerheten

Evacuation of closed institutions – A problem regarding fire safety

Gunilla Nilsson

Report 5159

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5159--SE

Number of pages: 116

Illustrations: Gunilla Nilsson

Keywords

Evacuation, closed institutions, laws, fire scenario, grave consequences

Abstract

In closed institutions, such as prisons, the inmates are locked up and therefore unable to perform an unassisted evacuation in case of fire. Since the assistance of the prison staff is required to escort every inmate to safety, often one at the time, evacuation is a time consuming task. The report deals with the issue of whether the conditions in Swedish prisons today regarding evacuation in the case of fire are acceptable or not. The report is divided into three main sections. First, laws and regulations that applies to the topic is presented. In the next section a prior accident is reviewed in order to draw conclusions from earlier experiences. Finally the in the main section a study of the present situation in a closed institution is performed. In this analyze two fire scenarios are studied. In the first scenario the fire is located in a cell and in the other the fire is located in the assembly room which is part of the prison corridor. Computer simulation and calculations gives the time available for evacuation before critical conditions arise. Interviews with prison staff has been carried out in purpose to gather enough information to be able to calculate and estimate the time needed for evacuation. These two times, time to critical conditions and time to complete evacuation, is compared. Finally advices and recommendations which aims to increase the security for personal and inmates are given.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2005.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

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

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

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

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

FÖRORD

Ett stort tack till alla som hjälp mig under arbetets gång som ställt upp med sin tid och sitt kunnande!

Tack till den personal inom Kriminalvården som ställt upp på intervjuer och tack till Gudrun Österdahl på Kriminalvården som hjälpte mig och gav mig möjlighet att utföra ett platsbesök på en sluten anstalt. Jag vill även tacka Daniel Gojkovic, universitetsadjunkt på brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola och Ulf Erlandsson på Räddningsverket.

Vidare vill jag rikta ett stort tack till min handledare, Håkan Frantzich universitetslektor på Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola som gett goda råd och kommentarer under arbetets gång. Tack även till Håkan Rönnqvist, brandingenjör på Prevecon Brand & Riskkonsult AB i Göteborg.

SAMMANFATTNING

På slutna anstalter hålls personer inlåsta vilket naturligtvis medför att de på egen hand ej kan utrymma byggnaden vid en brand. Utrymningen är därför beroende utav i huvudsak två delar, personalen och deras utbildning, organisation och effektivitet samt det brandtekniska skyddet som kan komma att underlätta den situation som uppstår vid en brand. Syftet med studien är att undersöka huruvida dessa delar är tillräckliga och situationen idag är acceptabel eller om det krävs vidare åtgärder. För att svara på detta har bland annat en situationsanalys av en anstalt utförts. I denna jämförs tid till dess att allvarliga förhållanden uppnås samt tid till dess att utrymning förväntas vara utförd. För att få information om hur utrymningsituationen på en anstalt ser ut utfördes bland annat ett studiebesök på en av Sveriges slutna anstalter. Besöket skulle sedan ligga till grund för situationsanalysen. Även en tidigare inträffad olycka som ägde rum i en liknade verksamhet studerades för att dra lärdom från tidigare erfarenheter. Dessutom studerades de lagar, förordningar samt föreskrifter som behandlar området.

De intervjuer som utfördes under studiebesöket gav intrycket att samtliga i personalen i stort var medvetna om hur de skulle agera då ett larm inkommer. De skulle omgående bege sig till platsen där larmet aktiverats och utrymma den nödställda samt utföra vidare utrymning av avdelningen om så var nödvändigt. Däremot var brandutbildningens omfattning varierande, vissa hade endast haft en kortare genomgång under arbetsplatsintroduktionen medan andra hade utfört övningar med Räddningstjänst då de letat efter dockor i container, släckt med handbrandsläckare etc.

Som grund för den analytiska dimensioneringen studerades två brandscenarier för att beräkna tillgänglig tid för utrymning. De två brandscenarierna representerar så kallade "credible worst case scenarios". Ett sådant scenario är tänkt att representera ett utav de värre tänkbara scenarierna. Den ena branden placerades därför i en cell medan den andra placerades i dagrummet.

Dagrummet ligger i direkt anslutning till den korridor som fungerar som enda passage till nödutgång. Det visade det sig att om en brand skulle uppstå i dagrummet skulle sikten bli obefintlig i korridoren efter cirka en och en halv minut. Då det är omöjligt för personalen att hinna utrymma avdelningen inom denna tid innebär detta att de intagna blir kvar i sina celler. Celler, korridor samt dagrum utgjorde en gemensam brandcell och därför kommer med största sannolikhet brandgaser även att sprida sig från dagrummet in i cellerna. Det anses därför direkt olämpligt och rentav farligt att ha ett dagrum placerat i öppen anslutning till den korridor som fungerar som enda utrymningsväg. Dagrummet bör istället placeras i egen brandcell.

Den totala tiden från det att branden i cellen startat till dess att personal kommit till cellen uppgår i värsta fall till fyra minuter. Om personalen skulle öppna celldörren efter fyra minuter har troligtvis personen i cellen redan omkommit samtidigt som de själva skulle mötas av flammor som slår ut genom dörröppningen och varma brandgaser som väller ut. Redan efter cirka två minuter uppstod allvarliga förhållanden i cellen. Efter denna tid blev toxiciteten i cellen så pass hög att en person placerad i utrymnet förväntas bli medvetlös. Dessa förhållanden anses ej acceptabla för vare sig personal eller intagna, då personer förväntas få omfattade skador. Även en vidare utrymning av avdelningen skulle omöjliggöras snabbt då korridoren rökfylld på ca en halv minut efter det att dörren till cellen öppnats. Då cellerna ej är utförda i egna brandceller kommer troligtvis även skador på övriga intagna att uppstå på grund av brandgasspridningen.

De problem som kan uppstå då det brinner i cellen kan inte lösas genom att endast placera cellen i en egen brandcell på så sätt som rekommenderas för dagrummet. Problemet för den intagne som befinner sig i den cell som brinner kvarstår även om cellen är utformad i en egen brandcell, däremot förhindras en spridning till intilliggande celler. Personsäkerheten för den intagne i cellen är, på grund av den korta tillgängliga utrymningstiden, mer beroende av organisationen hos personalen. För att personen i brandrummet skall klara sig välbehållen bör utrymmet vara utrymt inom ca 2 minuter. Den personal som öppnar celldörren vid denna tidpunkt kommer ej att mötas av en lika våldsam brandutveckling. Detta innebär då även att risken för skador hos personalen minskar markant. Dessutom innebär detta att möjligheten att stänga celldörren efter utrymning ökar betydligt på grund av ett mindre övertryck i cellen samt mindre producerad värme. Det finns även ett antal brandtekniska installationer som kan underlätta en eventuell utrymning. Installation av torrörssprinkler med manuell aktivering är ett alternativ. Sprinklerns syfte är då att släcka branden efter kort tid och därmed medföra bättre förhållanden för personen i brandrummet, personalen som kommer till undsättning samt övriga interner i resterande celler. För att undvika kraftig rökspridning i korridoren kan utrymning från cell istället ske via, med nyckel, öppningsbara fönster. Detta innebär att personer i angränsande celler kan utrymma under mycket bättre förhållanden. Cellerna kan även utformas i egna brandceller för att fungera som en säker plats för de intagna under den tid det tar för Räddningstjänst att komma till plats och avhjälpa situationen.

Några lagar, förordningar eller föreskrifter som direkt pekar på utformningen av just slutna anstalter finns ej i någon större utsträckning. Boverkets byggregler, BBR är de regler som gäller även vid denna typ av verksamhet. BBR nämner dock ej slutna anstalter och de speciella problem en sådan verksamhet medför. Det finns riktlinjer för Kriminalvårdsanstalters utformning som Specialfastigheter Sverige AB och Kriminalvården utgett för att vidare öka säkerheten. Hur dessa efterlevs är dock oklart. Då de är nyutkomna (2004) förväntas ej dess innehåll vara implementerat. Lagen om skydd mot olyckor med tillhörande förordning säger att kriminalvårdsanstalter omfattas av de verksamheter vilka skall bedriva Systematiskt Brandskydds Arbete, SBA.

Den tidigare inträffade olyckan som studerades visade att personalens utbildning spelar en viktig roll under utrymningen. Personer som är medvetna om vad som kan ske både genom praktiska och teoretiska övningar agerar naturligtvis mer effektivt vid ett skarpt läge. Det är slutligen personalen som ser till att utrymningen överhuvudtaget utförs.

SUMMARY

In closed institutions people are locked up which, of course, results in that the inmates can not evacuate on their own. The purpose of the report is to investigate whether the evacuation conditions are acceptable today or if further measures are needed. In order to do so the time it takes to evacuate has been compared to the accessible time for evacuation. To gather information of the evacuation situation today a visit to a closed institution were made. Further two fire scenarios were studied, the two scenarios are meant to represent "credible worst case" scenarios where the fire causes severe consequences but still are likely to occur. One of the fires therefore was placed in a cell while the other fire was placed in the gathering room. The gathering room lies in direct contact with the corridor which works as the only passage to the emergency exit.

Also an prior accident has been studied in order to learn from earlier experiences. Further more codes and regulations governing the field of closed institutions were studied.

All of those asked during the visit had a apprehension of what they were supposed to do if an alarm was activated. They would immediately go to the place where the alarm was activated and evacuate the inmate in the room. Further evacuation of the department would be performed if it was found to be necessary. Regarding education there was a wide varying. Some of those asked had gone through a short review in the introduction education, while others had gone through a more advanced education where they, assisted by the fire brigade, searched for dolls in a container etc.

When the fire was placed in the gathering room the corridor, which works as the only link to the emergency exit, would be filled with smoke in one and a half minute. During this time it is impossible for the personnel to manage an evacuation of the department. The cells are not separated from the corridor and the gathering room, the hole department consists of one single fire compartment. This means that the safety of the inmates can not be insured. Therefore it is considered directly inappropriate to have a gathering room right next to the corridor. The gathering room should be performed in a separated fire compartment.

The time that is required for an evacuation of a cell may in the worst case amount to four minutes. If personnel were to open the door at this time they will most surely be confronted with flames striking out from the door and out streaming hot gases. The inmate in the cell has probably already deceased and the personnel are expected to be badly injured. According to the fire scenario in the report the conditions in the cell expect to bring unconsciousness after two minutes because of the toxic atmosphere, which in this report is considered to be the limit of what is acceptable. Evacuation of remaining cells will also be impossible because of the fast smoke filling of the corridor. The cells are not performed in separated fire compartments which means that the inmates safety can not be vouched for.

The problems that the fire in the cell bring could not be solved as easily as the problems which comes with the fire in the gathering room. In order for the person in the cell to get out unhurt the cell must be evacuated within two minutes. Personnel opening the door after this time will not meet such a violent fire development and therefore probably manage without any injuries. It would also be easier for the personnel to close the door once they have evacuated the cell hence leading to better evacuation conditions for the remaining cells. There are also a number of fire technical installations that can be used to facilitate the evacuation. Manually activated sprinklers can be installed. Evacuation from the

cell can be performed through a window which is able to open from the outside. In this way the fast smoke filling of the corridor could be prevented. The cells could be carried out in separated fire compartments and thereby be a safer place to stay in while the fire brigade rectifies the situation.

A study of an earlier accident shows the importance of a personnel with good training. Finally it is the personnel that are making a evacuation possible.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	1
SUMMARY	3
1 INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte och mål	7
1.3 Metod och problemställning.....	7
1.4 Avgränsningar	8
2 TIDIGARE ERFARENHETER	9
2.1 Brand på Sigfridsområdet i Växjö.....	9
3 LAGAR, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER	13
3.1 Boverkets byggregler, BBR 10	13
3.2 Slutna anstalter, Referens och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter	15
3.3 Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor	17
4 ORGANISATION OCH UTRYMNING.....	19
4.1 Organisation	19
4.2 Utrymning.....	21
5 BRANDSCENARIER.....	23
5.1 Brand i cell.....	23
5.2 Brand i dagrum	26
6 TID TILL ALLVARLIGA FÖRHÅLLANDEN	29
6.1 Brand i cell.....	29
6.2 Brand i dagrum	40
7 ALTERNATIVA SYSTEM.....	45
7.1 Minska tiden för utrymning	45
7.2 Öka tiden till allvarliga förhållanden	46
8 SLUTSATS OCH DISKUSSION.....	49
9 REFERENSLISTA	53

BILAGA A, HANDBERÄKNINGAR.....	55
BILAGA B, SIMULERINGAR I CFAST 3.17.....	61
BILAGA C, BERÄKNING AV TID TILL ALLVARLIGA FÖRHÅLLANDEN MED HJÄLP AV FDS 4.....	67
BILAGA D, MINSKAD TID FÖR UTRYMNING.....	93
BILAGA E, INDATAFILER TILL FDS 4 FÖR SIMULERING AV BRAND I CELL SAMT BRAND I DAGRUM	97

1 INLEDNING

Följande kapitel tar upp bakgrunden till och syftet med arbetet. Även den grundläggande problemställningen samt arbetsmetoden beskrivs.

1.1 BAKGRUND

Syftet med slutna anstalter är till stor del att interner ej skall kunna förflytta sig fritt utanför områdets gränser. Detta skapar naturligtvis problem när det gäller att uppfylla det som står skrivet i lagar och bestämmelser angående utrymning vid händelse av brand. Enligt Boverkets byggregler, BBR (2002) skall byggnader utformas så att tillfredsställande utrymning skall kunna ske. Tolkningen av "tillfredsställande utrymning" har naturligtvis betydelse men i normalfallet följs de råd och rekommendationer som anges och därmed är lagen efterlevd. Bland annat säger ett utav råden att utrymningsvägar ej får hållas låsta om personer ej förväntas ha nyckel. Att detta råd inte kan följas i ett fängelse på samma sätt som i vanliga byggnader är uppenbart. Problemet med utformningen av slutna anstalter har lett till att Specialfastigheter och Kriminalvårdsstyrelsen i samråd med Boverket, Statens räddningsverk samt Arbetsmiljöverket har tagit fram kompletterande rekommendationer till de lagar som finns idag.

1.2 SYFTE OCH MÅL

Syftet med arbetet är i huvudsak att försöka utreda hur utrymningssituationen ser ut på anstalter idag, både med hänsyn till personalens samt de intagnas säkerhet, och undersöka om den är acceptabel eller ej. Målet är sedan att finna lösningar och att rekommendera åtgärder som kan öka utrymningssäkerheten för denna typ av verksamheter. Hänsyn skall även ha tagits till de speciella förhållanden som råder med avseende på eventuell skadegörelse etc. Arbetet riktar sig främst till personer med relativt goda kunskaper inom brandförlopp och branddynamik. Detta då redovisade beräkningar och simuleringar kräver viss förkunskap i området för att läsaren skall kunna uppnå god förståelse.

1.3 METOD OCH PROBLEMSTÄLLNING

För att få en grund till arbetet formulerades ett antal frågeställningar vars syfte är att omfatta de huvudsakliga problemen.

- Vad säger de olika lagarna idag, tar de någon hänsyn till dessa typer av byggnader?
- Om en brand uppstår, hur mycket tillgänglig tid finns det för utrymning?
- Vilka brandtekniska system kan påverka den tillgängliga tiden för utrymning? Fungerar dessa system i denna typ av byggnad?
- Vilka organisatoriska rutiner finns och hur effektiva är de?

En studie av en tidigare inträffad olycka på den rättspsykiatriska kliniken Sigfridsområdet i Växjö studerades i syfte att dra lärdom från tidigare erfarenheter

Även befintliga lagar och regler studerades för att undersöka om det finns någon bestämmelse som direkt syftar till brandsäkerheten och den brandtekniska utformningen av slutna anstalter. Bland annat studerades Boverkets byggregler, Socialtjänstlag (2001:453) samt Lag (1974:203) om kriminalvård i anstalt med tillhörande författningssamlingar.

För att få en bild av hur situationen ser ut på anstalter idag utfördes ett platsbesök på en sluten anstalt. Syftet med detta var bland annat att utreda hur organisationen är uppbyggd och hur god utbildning personalen har inom området. Denna information låg till grund för att beräkna tid för utrymning. Vidare noterades hur byggnaderna var utformade rent konstruktionsmässigt med avseende på hur ventilationen är tänkt att fungera vid brand, vilka brandcellsgränser det finns etc. Även rumsinredningen studerades för att ge ett underlag vid bedömningen av tänkbara brandscenarier. Brandscenarierna simulerades sedan med spridningsmodeller, i huvudsak med programmet FDS 4 (bilaga C) men även till viss del i programmet CFAST 3.17 (Bilaga B). Resultaten från dessa simuleringar användes sedan för att ta fram tiden till allvarliga förhållanden med avseende på siktbarhet, toxicitet samt temperatur. Dessa tider jämfördes sedan med tiden för utrymning och därav kunde det avgöras huruvida det råder acceptabla förhållanden på anstalten eller ej.

Slutligen sammankopplas dessa resultat med de slutsatser som drogs efter studien av de lagar, regler, föreskrifter och rekommendationer som berör området samt de erfarenheter som erhållits från den tidigare inträffade olyckan. Detta resulterar i de rekommendationer om åtgärder och lösningar som anses lämpliga att nyttja i denna typ av verksamhet.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Syftet med arbetet var till en början att finna generella lösningar som skulle underlätta utrymningssituationen på slutna anstalter. Då anstalter i mycket stor utsträckning är utformade på olika sätt upptäcktes snart att det inte finns några definitiva generella lösningar att ge. I rapporten analyseras istället ett typfall och slutsatser dras utifrån detta. Dessa slutsatser och resultat kan förvisso till viss del anses allmängiltiga och användas vid åtgärds och utformningsrekommendationer för andra slutna anstalter i olika utsträckning.

Arbetsmiljölagen har ej studerats och utretts i rapporten.

Någon vidare beskrivning av Socialtjänstlag (2001:453) samt Lag (1974:203) om kriminalvård i anstalt med tillhörande författningssamlingar redovisas inte då dessa ej berör den brandtekniska utformningen av slutna anstalter och ej heller berör vilken utbildning inom brand som fordras hos personalen.

2 TIDIGARE ERFARENHETER

Detta kapitel tar upp branden som inträffade på en rättspsykiatrisk anstalt i Sverige år 2003 i syfte att kunna dra lärdom från tidigare erfarenheter.

Den händelse som redovisas nedan gäller inte en vanlig sluten anstalt. Den behandlar Sigfridsområdet i Växjö vilken är en psykiatrisk klinik. Det föreligger naturligtvis vissa skillnader mellan de två olika verksamheterna men är trots detta brandtekniskt och utrymningsmässigt jämförbara då personer hålls inlåsta, i huvudsak mot sin vilja.

2.1 BRAND PÅ SIGFRIDSOMRÅDET I VÄXJÖ

Den 1 augusti 2003 utbröt en brand på Regionpsykiatriska kliniken på Sigfridsområdet i Växjö. Branden resulterade i två omkomna samt ett flertal skadade. Patienter på kliniken vårdas i sluten vård och är dömda enligt lagen om rättspsykiatrisk vård och lagen om psykiatrisk vård.¹

Byggnaden är en fristående tvåvåningsbyggnad med källarplan. Inom byggnaden finns de två avdelningarna 67 och 68. Avdelning 67 har plats för 11 patienter medan avdelning 68 har plats för 8 patienter. Personalstyrkan nattetid består i regel av 5 personer uppdelade på de två avdelningarna efter vårdbehovet för tillfället. På grund av att vårdtiden är lång (i genomsnitt 16 månader) tillåts patienter själva att inreda rummen. Detta innebär att en mängd olika brännbara material kan finnas i inredningen. Byggnaden är försedd med brandlarm, nödbelysning, brandredskap etc., dock ej med sprinkler. Från byggnaden finns tre utrymningsvägar varav den ena leder till ett slutet rastutrymme.

Personalen är försedd med överfallslarm vilka vid aktivering uppmärksammar övrig personal på andra avdelningar.

2.1.1 Händelseförlopp

Nattpersonalen på avdelning 67 består vid händelsen av tre vikarier (person 1, 2 respektive 3). Det inkommer ett patientlarm ca 03.51. En patient har anlagt en brand i sitt rum och påkallar uppmärksamhet. Person 1 och 2 går till patientens rum och när de skall låsa upp dörren sitter det en plastbit i nyckelhålet. Plastbiten avlägsnas och dörren öppnas. Personalen upptäcker att det brinner i gardinerna och bedömer att de själva kan släcka branden. Vid denna tidpunkt aktiveras brandlarmet. Brandlarmet har en fördröjning på 90 sekunder och larmade SOS kl. 03.54. Person 1 springer och hämtar en brandfilt för att försöka släcka branden. Person 2 letar efter brandredskap men vet inte var det finns. När person 1 skall försöka släcka branden uppträder patienten hotfullt och kastar ut person 1. Detta upptäcker person 3 som går för att hjälpa person 1. Patienten låser då sin dörr. Person 3 försöker låsa upp dörren men patienten håller emot. Slutligen får person 3 upp dörren och får bruka våld för att få ut patienten. Person 1 upptäcker då att branden ej kan släckas med brandfilt utan beslutar sig istället för att hämta en brandsläckare. Patienten lyckas slita sig från person 3 vilket uppmärksammas av person 1 och 2. Person 2 tar brandsläckaren från person 1 och försöker släcka branden men inser snart att detta inte är möjligt. Sikten är mycket begränsad och person 2 får nu gissa sig till var utgången är. Även anslutande korridor samt dagrum har blivit rökfyllt vid tidpunkten. Personal från avdelning 68 (person 4 och 5) kommer med brandsläckare men kan inte ta sig in på grund av rökutvecklingen i korridoren. Person 4 återvänder istället och kontaktar SOS.

¹ Arbetsmiljöinspektionens utredning, Brandolycka på Sigfridsområdet den 1 augusti 2003.

Person 5 börjar väcka patienter och tar med dem ut via trapphuset. Även i trapphuset finns nu en viss rökmängd. Överfallslarmet från personal på avdelning 67 aktiveras och uppmärksammas runt 04.00 på klinik 6. Då det står klart för personalen på klinik 6 vad som sker hjälper de till att rädda instängda patienter.

Kl. 03.59 kommer Räddningstjänsten till platsen. Korridoren på bottenplan är då helt rökfylld och patienter finns kvar på sina rum. Två utav utrymningsvägarna är fortfarande låsta.

2.1.2 Kommentarer och slutsatser

Arbetsmiljöinspektionen har ur deras synvinkel utrett händelsen. Landstinget har som mål att varje anställd skall genomgått brandutbildning minst vart femte år.² Det finns tre olika typer av utbildning i olika omfattning varav den kortaste är en grundläggande utbildning på två timmar. Det är upp till kliniken själv att besluta i vilken omfattning utbildningarna skall genomföras. Av de fem som arbetade natten då branden inträffade hade ingen genomgått någon utbildning. Enligt avdelningschefen skall de fem personerna ha fått en genomgång där även brandskydd togs upp. De fem som arbetade denna natt säger sig dock inte minnas att brandskydd och utrymningsvägar tagits upp.

Då tumultet uppstod och personalen måste koncentrera sig på att få ut den patient som anlagt branden stängdes inte dörren till brandrummet.³ Detta gjorde att brandgaser vällde ut i korridor samtidigt som branden spred sig till sängen och övrig inredning.

Brandförloppet verkar ha varit snabbt men relativt kortvarigt. Madrassen var helt förbränd. Endast några bräder och en gavel återstår av sängen. Byrå och skrivbord hade inga större skador på de sidor som stått vända in mot väggen men djupa brännmärken på de sidor som stod mot branden. Delar av glaset i fönstret har smält vilket tyder på en väldigt hög temperatur i rummet. I och med att dörren stod vidöppen under hela förloppet har det funnits en god tillgång på syre.

Tjockleken på fönstren har i vissa fall inneburit problem för räddningsinsatsen då dessa är problematiska att få sönder och avlägsna.

Synpunkter på det inträffade har lämnats i ett Undersökningsprotokoll angående händelsen skrivet av Ulf Erlandsson på SRV. Bland annat tas det upp att madrassen i rummet kraftigt har påverkat brandgasutvecklingen och uppkomna skador.

Vilket tydligt framgår av händelseförloppet är det av största vikt att personalen har tillräcklig utbildning inom brandskydd samt är medvetna om hur de skall agera och var brandredskap finns placerade i byggnaden. De behöver naturligtvis även veta hur redskapen fungerar. Oavsett hur byggnaden utformas brandtekniskt är hela utrymningen beroende av personalens agerande. Brandtekniska installationer kan däremot underlätta situationen genom att förhindra alternativt försvåra att branden eller brandgaser sprider sig till intilliggande rum och avdelningar. Ytterligare en punkt som kan belysas är inredningsmaterialet i boenderummet. Val av inredningsmaterial påverkar naturligtvis brandförloppet och hänsyn borde tas till den typ av verksamhet som bedrivs i byggnaden.

² Arbetsmiljöinspektionens utredning, Brandolycka på Sigfridsområdet den 1 augusti 2003.

³ Erlandsson, U., Undersökningsprotokoll

Finns det personer som kan anses benägna att anlägga en brand bör inredningen anpassas efter detta och ett mindre brännbart och om möjligt obrännbart material bör väljas.

Ovanstående händelse har som sagt ej inträffat på en sluten anstalt. Skillnaden mellan denna typ av verksamhet och den verksamhet som bedrivs på slutna anstalter i brandteknisk och utrymningsmässig synvinkel är inte speciellt stor. Den skillnad som kan tänkas påverka är att personer som är dömda till rättspsykiatrisk vård möjligtvis kan agera på ett annorlunda sätt. Hur stor skillnad detta innebär i självmordsbenägenhet, självdestruktivitet etc. har ej utretts i rapporten men vid intervju med personal på en anstalt uppgavs att självmordsförsök genom att tända på i cellen har förekommit. Enligt räddningsverkets insatsstatistik från 1996 till 2002 var 134 av totalt 234 bränder på anstalter anlagda bränder.⁴ Detta innebär i genomsnitt, på det sextiototal anstalter som finns i landet, 2-3 anlagda bränder per anstalt och år.

⁴ Räddningsverkets insatsstatistik 1996-2002.

3 LAGAR, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER

Följande kapitel behandlar lagar, förordningar, föreskrifter samt rekommendationer som berör området. Kapitlet innehåller även författarens egna reflektioner och kommentarer.

Lagar och förordningar som uttryckligen styr det brandtekniska skyddets utformning i slutna anstalter är mycket sparsamt om ej obefintligt. De skrifter som behandlar området är Boverkets byggregler, BBR 10, en föreskrift utgiven av Boverket som omfattar de regler som samtliga byggnader skall uppfylla, samt Lag (2003:778) om skydd mot olyckor.

Vidare finns en rekommendation utgiven av Specialfastigheter Sverige AB samt Kriminalvårdsstyrelsen, Slutna anstalter Referens och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter.

3.1 BOVERKETS BYGGREGLER, BBR 10

Boverkets Byggregler kapitel 5 är det kapitel som behandlar byggnaders brandskydd. I texterna nämns dock aldrig slutna anstalter som ett specifikt objekt som kräver särskild brandteknisk utformning utan det som närmast kan relateras till denna typ av verksamhet är begreppet vårdanläggning. En vårdanläggning definieras som lokaler för sjuk- och socialvård och exempel på sådana är sjukhus, sjukhem, vårdhem samt vissa ålderdomshem.⁵

Skillnaden mellan vårdanläggning och slutna anstalt är dock betydande. På slutna anstalter hålls personer inlåsta mot sin vilja och säkerhetssituationen ser därmed annorlunda ut, bland annat med avseende på hotbilden gentemot personalen. Bränder kan anläggas av olika anledningar, det kan till exempel göras i syfte att skapa oordning och därmed underlätta ett rymningsförsök eller i syfte att kunna skada sig själv eller någon annan etc.

Interner kan i många fall ej utrymmas samtidigt utan måste i sällskap med personal utrymmas successivt⁶, här är dock en viss likhet med vårdanläggningar där patienter kan behöva hjälp att utrymma. Interner kan ej heller utrymmas till det fria utan måste förflyttas till en säker flyktplats.

Nedan följer vissa av de krav som generellt ställs på byggnader och de specifika krav som ställs på vårdanläggningar enligt Boverkets Byggregler, BBR (2002). För närmare beskrivning och betydelse av brandklassbeteckningar i nedanstående text hänvisas läsaren till BBR (2002).

3.1.1 Brandtekniska klasser

Det sägs (kapitel 5:21) att byggnader skall utföras i klass Br1, Br2 eller Br3 och att det vid klassindelningen skall tas hänsyn till sådana faktorer som påverkar utrymningsmöjligheterna och risken för personskador vid sammanstörtning av byggnaden. Utrymningsmöjligheterna skall bland annat bedömas med hänsyn till den verksamhet som skall bedrivas i byggnaden och med personernas förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet. Byggnader där brand medför stor risk för personskador skall utföras i Br1. Byggnader där brand kan medföra måttlig risk för personskador skall utföras i Br2 medan övriga byggnader får utföras i Br3.

⁵ Boverket, Boverkets byggregler, BBR

⁶ Enligt intervju med personal på slutna anstalt

Begreppet vårdanläggning nämns endast i rådstexten. Det sägs där att byggnader med ett våningsplan som innehåller vårdanläggning bör utföras i klass Br2. I rådstexten sägs även att byggnader med två våningsplan avsedda för personer som har små förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet bör utföras i klass Br1.

Vilken klass byggnaden sedan utförs i styr val av ytskikt, fasadbeklädnad, brandteknisk klass i brandcellsgränser med mera, för att i olika omfattning begränsa brandspridning inom samt mellan brandceller. I stora drag kan skillnaderna beskrivas på så sätt att en brandcell i en Br1 byggnad skall utföras i klass EI 60, EI 120 alternativt EI 240 beroende på brandbelastningen i lokalen. En brandcell i Br2 samt Br3 skall utföras i EI 60 om det är en avskiljning mellan bostäder och i EI 30 för övriga fall. Även kravet på byggnadens bärförmåga skiljer sig mellan de olika klasserna. Detta berörs även senare i kapitel 3.2.1 där en jämförelse mellan BBR och "Slutna anstalter, Referens- och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter" utförs. För vidare detaljer gällande brandteknisk klass på byggnader hänvisas läsaren till BBR 10.

3.1.2 Utrymning

Enligt Boverkets byggregler skall lokaler, i vilka personer vistas mer än tillfälligt, ha två utav varandra oberoende utrymningsvägar (kap. 5:311). Om lokalen har fler än ett våningsplan skall det finnas minst en utrymningsväg från varje plan.

Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara lätt öppningsbara (kap. 5:342). Dörrar som endast går att öppna med nyckel tillåts endast om de betjänar ett litet antal personer som kan förväntas ha tillgång till nyckel. Vidare sägs att vägledande markering för utrymning skall finnas om personer förväntas ha mindre god lokalkännedom, såsom i vårdanläggningar (kap. 5:351).

Även nödbelysning skall finnas i syfte att möjliggöra en utrymning på ett säkert sätt även vid strömavbrott (kap. 5:353). Nödbelysningen skall finnas i utrymningsvägar i byggnader som bland annat innehåller vårdanläggning.

I byggnader eller delar av byggnader där det ställs krav på tidig upptäckt av brand skall det finnas automatiskt brandlarm installerat (kap. 5:354). Detta krav ställs i kapitel 5:373 för vårdanläggningar.

Byggreglerna behandlar även kritiska förhållanden (kap 5:361). Kritiska förhållanden skall ej uppstå under den tid det tar att utrymma byggnaden. I rådstexten definieras gränsvärden gällande siktbarhet, värmestrålning samt temperatur och för respektive variabel redovisas följande:

Siktbarhet:	Brandgasnivån lägst $1,6+(0,1*H)$, där H är rumshöjden.
Värmestrålning:	En kortvarig strålningsintensitet på max 10kW/m^2 , en maximalstrålningsenergi på 60kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 .
Temperatur:	Högst 80°C lufttemperatur.

3.2 SLUTNA ANSTALTER, REFERENS OCH ERFARENHETSDOKUMENTATION FÖR UTFORMNING AV SLUTNA ANSTALTER

Kriminalvårdsstyrelsen har i samarbete med Specialfastigheter Sverige AB utvecklat och utgett riktlinjer för utformning av slutna anstalter i dokumentationen "Slutna anstalter Referens och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter" (vidare kallad SA). I riktlinjerna finns ett kapitel som behandlar brandskydd. Inledande text till kapitlet lyder:

"Boverkets byggregler BBR, (BFS 1993:57 / BFS 2002:19) behandlar inte de för kriminalvårdsanstalter speciella brandskyddsproblemen som är förknippade med behovet av skydd mot utbrytning och överfall på personal. För att nå ett tillfredsställande brandskydd har därför följande kompletterande rekommendationer framtagits efter samråd mellan Specialfastigheter, Kriminalvårdsstyrelsen, Boverket, Statens Räddningsverk och Arbetsmiljöverket."

Kapitlet fortsätter därefter med ett antal olika förutsättningar som skall uppfyllas gällande organisation och inredning. Bland annat skall bostadsavdelningar och andra brandceller där övernattningskan ske vara utrustade med heltäckande automatiskt brandlarm och utrymningslarm utformade enligt riktlinjerna. Dessutom skall god planering och kontinuerliga brandövningar göra att utrymning skall kunna ske inom kort tid även när de boende är inlåsta på sina rum.

I nästföljande kapitel görs en redovisning av innehållet i SA samtidigt som en jämförelse med BBR utförs.

3.2.1 Brandtekniska klasser

Något som i SA skiljer sig från BBR är bedömningen av vilken brandteknisk klass byggnaden skall utföras i. Enligt riktlinjerna skall byggnader med lokaler där intagna bor utföras i lägst brandteknisk klass Br2 men ytskikt och bärförmåga skall utföras enligt följande:

"Ytskikt på väggar utförs i klass C-s2,d0 (tidigare klass III) och ytskikt i tak i klass B-s1,d0 (tidigare klass I)...

...Vertikala och horisontella bärverk ska i bärande avseende utföras i lägst brandteknisk klass R60."

Dessa krav skiljer sig från de krav som ställs i BBR för Br2 byggnader. Enligt BBR bör en Br2 byggnad utföras med ytskikt på väggar i klass D-s2,d0 och tak i klass C-s2,d0, medan ytskikt i utrymningsvägar skall utföras i klass B-s1,d0 på både tak och väggar.

Kravet angående bärverket överensstämmer dock med BBR kraven för Br1 byggnader förutsatt att byggnaden ej överstiger 4 våningsplan och/eller har våningar under översta källarplanet samtidigt som brandbelastningen skall understiga 200 MJ/m². Då kravet R 60 enligt SA även skall gälla för de byggnader som utförs i Br2 är kraven i det fallet skärpta i jämförelse med BBR. BBR kraven för bärverk i Br2 byggnader är R 30, förutsatt att byggnaden ej har våningar under översta källarplanet samt att brandbelastningen understiger 200MJ/m².

⁷ Kriminalvårdsstyrelsen och Specialfastigheter Sverige AB, Slutna anstalter

Byggnader med fler än ett våningsplan skall utföras i klass Br1 vilket överensstämmer med BBR:s råd för vårdanläggningar.

Om lokalerna utformas enligt ovan kan en brandcell få innehålla upp till 20 bostadsrum enligt SA. Förutsatt att utrymningen ej försvåras accepteras det att även till avdelningen tillhörande småutrymmen utförs i gemensam brandcell med bostadsrummen.

Även i SA sägs att från brandceller där personer vistas mer än tillfälligt skall det finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar.

Gällande låsta utrymningsvägar sägs bland annat följande:

”För lokaler gäller tidvis att dörrar till t.ex. bostadsrum hålls låsta. Fönstren är av stål och är försedda med fast eller låst gallerkonstruktion alternativt av säkerhetsglas. I utrymningsväg får dörr, fönster eller lucka utföras låsta. Som avvikelse från BBR kap. 5:342, Dörr i utrymningsväg, gäller att endast personal har tillgång till nyckel. Dörrar, fönster och luckor med nödutrymningsfunktion skall vara öppningsbara utifrån med nyckel som förvaras i centralvaktrummet. De skall även vara försedda med kontakter som till vaktfunktion indikerar öppet/låst läge.”

Gällande brandlarm sägs bland annat följande:

”Bostadsavdelningar samt andra brandceller där övernattningskan ske ska ha heltäckande brandlarmssystem.... Detektion i bostadsrum skall även visas genom yttre indikering placerad i korridor. Akustiskt larm ska endast förekomma i det bostadsrum där detektion ges och med därför anpassad ljudstyrka. Utlöst larm indikeras också med röd blixtlampa, placerad i väl frekvent del av korridor. Direktlarm till brandförsvaret sker via larmtryckknapp, placerad i manövertablå i centralvakten.”

Även denna punkt överensstämmer till stor del med det som sägs i BBR kapitel 5:354 samt kapitel 5:373.

I SA kapitel 4.8.6 Skydd mot brand- och brandgasspridning står följande:

” Ytskikt

Ytskikt på väggar utförs i klass C-s2,d0 (tidigare klass II) och ytskikt i tak i klass B-s1,d0 (tidigare klass I). Ytskikt i utrymningsvägar utförs i klass B-s1,d0 (klass I) både på väggar och i tak.

Brandteknisk klass – Väggar och bjälklag

Byggnadsdelar i brandcellsgräns utförs med brandteknisk avskiljning mot andra utrymmen i klass EI60.

Inom brandcell för bostadsavdelning skall varje enskilt bostadsrum brandtekniskt avskiljas mot andra utrymmen i klass E 30. Om övriga rumsfunktioner inom bostadsavdelningen utföres avskilda från korridor (utrymningsväg) med väggar ska denna avskiljning utföras i klass E 30.

Brandteknisk klass – Dörrar och partier

Dörrar och partier i brandcellsskiljande byggnadsdel utförs i klass EI 30.

Dörrar till bostadsrum utföres i klass E 30 utan dörrstängare.

Brandcellsavgränsande dörrar som avses stå uppställda skall förses med väggmonterade elmagneter som styrs automatiskt via brandlarmsanläggningen, sektionsvis. Manuell stängning skall även kunna ske från centralvakt/expedition.

Undertak

Undertak undviks i görligaste mån. Där undertak eller installationer erfordras i korridorer utformas dessa så att nedfallande undertak eller installationer ej kan skada personer under en utrymning eller vid en räddningsinsats.”⁸

Dessa krav är något skärpta i jämförelse med BBR då även utrymmen inom brandceller skall ha viss brandteknisk avskiljning.

Ventilationen skall utformas enligt ett FTX-system. Brand och brandgasspridning skall förhindras mellan brandceller, medan den mellan bostadsrum och övriga brandtekniskt avskilda utrymmen avsevärt skall försvåras.

Gällande anordning för manuell brandsläckning sägs följande:

”Brandpost i låst skåp installeras på varje avdelning. På personalexpedition placeras handbrandsläckare typ pulver.”⁹

3.3 LAGEN (2003:778) OM SKYDD MOT OLYCKOR

Den 1 januari 2004 trädde Lagen om skydd mot olyckor i kraft¹⁰. Denna redogör vilka skyldigheter och rättigheter den enskilde, kommunen respektive staten har gällande det förebyggande skyddsarbetet.

Gällande enskildas skyldigheter står följande i 2 kap. 2 § samt 3§:

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

3§ Ägare av byggnader eller andra anläggningar, där det med hänsyn till risken för brand eller konsekvenserna av brand bör ställas särskilda krav på en kontroll av brandskyddet, skall i skiftlig form lämna en redogörelse för brandskyddet. En nyttjanderättshavare skall ge ägaren de uppgifter som behövs för att denne skall kunna fullgöra sin skyldighet....”¹¹

I till dessa paragrafers tillhörande förordningar sägs i 2 kap. 1§ vilka byggnader eller andra anläggningar som skall omfattas av kravet på skriftlig redogörelse av brandskydd.

⁸ Kriminalvårdsstyrelsen och Specialfastigheter Sverige AB, Slutna anstalter

⁹ Kriminalvårdsstyrelsen och Specialfastigheter Sverige AB, Slutna anstalter

¹⁰ Hermelin, J., Lagen om skydd mot olyckor

¹¹ Hermelin, J., Lagen om skydd mot olyckor

Där sägs att Statens räddningsverk skall meddela föreskrifter om för vilka byggnader eller andra anläggningar en skriftlig redogörelse för brandskyddet skall lämnas.

”Sådana föreskrifter får meddelas om byggnader eller andra anläggningar
1. som är särskilt avsedda att användas av människor med behov av vård och omsorg eller av människors som annars har särskilda hjälpbehov eller som är föremål för kriminalvård i anstalt eller av annat skäl tagits i förvar.....”¹²

Statens räddningsverk får meddela föreskrifter om innehållet i en sådan redogörelse medan kommunen får meddela föreskrifter om frister för när redogörelsen skall lämnas in till kommunen.

Slutna anstalter skall därmed bedriva ett Systematiskt Brandskyddsarbete. De skall lämna en skriftlig redogörelse över brandskyddet till kommunen samt bedriva förebyggande brandskyddsverksamhet.

¹² Hermelin, J., Lagen om skydd mot olyckor

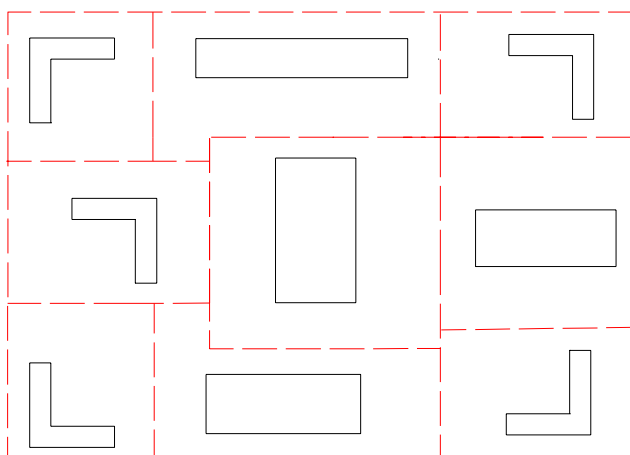
4 ORGANISATION OCH UTRYMNING

Detta kapitel skall behandla organisationen på anstalten och uppskatta den tid som erfordras för utrymning.

4.1 ORGANISATION

På en anstalt är det naturligtvis av högsta vikt att organisationen fungerar vid ett brandtillbud. För att en utrymning skall kunna utföras måste någon öppna utrymningsvägen. Det brandtekniska skyddets syfte är att öka den tillgängliga tiden till utrymning men har ingen större betydelse om organisationen inte fungerar. För att få en överblick av hur situationen ser ut i dag utfördes ett studiebesök på en av Sveriges slutna anstalter. Besökets syfte var bland annat att ge en uppfattning om hur lång tid en utrymning kan tänkas ta, erhålla information om den byggnadstekniska konstruktionen samt utreda vilka brännbara material det finns. I detta kapitel behandlas dock endast organisationen.

För att kunna uppskatta tiden till utrymning och följa den röda tråden i resonemanget krävs en uppfattning om anstaltens fysiska utformning. Anstalten består av ett antal olika huskroppar med olika hård bevakning. I varje huskropp finns ett vaktrum. I detta vaktrum finns tv-skärmar som visar vissa delar av byggnaden och rastgården. I en utav byggnaderna ligger centralvakten. Denna plats är bemannad med minst två personer dygnet runt. Nedan i figur 1 redovisas en översiktlig skiss av området. Den streckade linjen motsvarar staketet.



Figur 1 Översiktlig skiss av anstaltsområdet.

4.1.1 Uppmärksammandet av branden

På den besökta anstalten var samtliga byggnader försedda med rökdetektorer. Detektorer fanns även placerade i samtliga celler. Till centralvakten rapporteras samtliga larm inom anstalten. I centralvakten visas vilken byggnad larmet aktiverats i. I det vaktrum som finns i respektive byggnad redovisas vilken cell larmet aktiverats i. Dagtid är det bemanning på samtliga avdelningar med 9 personal per 32 platser. Nattetid täcker 7 personal samtliga 200 platser och alla byggnader är då ej bemannade. Två utav dessa sju personer är placerade i centralvakten. Resterande personal är delad i två grupper varav den ena gruppen har sovande och den andra gruppen har vaken tjänst. Under natten utförs kontrollronder på området. Personalen går då tillsammans runt inom området och kontrollerar att allt är som det skall. Dessa ronder utförs regelbundet ett visst antal gånger per natt.

Om ett brandlarm aktiveras nattetid kommer insatstiden att vara längre än om larmet aktiveras under dagtid eftersom det på natten ej är konstant bemanning i alla byggnader. Den tid som krävs för att genomföra en utrymning nattetid kommer därför att ligga till grund för uppskattningen av tid till utrymning då detta motsvarar det värsta fallet samtidigt som interner då är inlåsta i sina celler. Om en rökdetektor i en cell aktiveras nattetid uppmärksammas detta i centralvakten genom att de får ett larm från den berörda byggnaden. Personalen i centralvakten kan dock ej se i vilken cell som larmet aktiverats utan endast i vilken byggnad larmet aktiverats. De personer som är placerade i centralvakten meddelar vidare till den vakna styrkan (som eventuellt går runt inom området på kontrollrond) att ett larm har aktiverats på en viss avdelning. De som informerats beger sig då till den avdelning som är aktuell, kontrollerar i vaktrummet vilken cell det gäller och förflyttar sig till aktuell cell. Minst tre personer går på ett larm från en cell. Väl framme märker personalen om det är ett skarpt larm eller ej. Om det visar sig att larmet är skarpt meddelar personal på plats övrig personal (sovande samt centralvakt) genom att aktivera ett positionslarm som samtliga inom personalen bär på sig hela tiden. Positions-larmet fungerar ungefär som ett överfallslarm. Resterande personal kan därmed komma till undsättning och hjälpa till med utrymningen. Denna personal kommer förmodligen att ta något längre tid på sig då de tillhör den grupp som sover.

4.1.2 Personalens agerande

Då personalens agerande är avgörande för hur lång tid en utrymning kan ta och hur stor spridning branden kan få är det naturligtvis av stor vikt att personalen är medvetna om hur de skall agera vid brand. För att få en bild av hur personalen kan förväntas handla vid en brand ställdes ett antal frågor till ett tiotal av personalen på den besökta anstalten. Frågor ställdes angående om brandövning förekommit och hur de i så fall gått till, om utbildning inom området getts och i så fall hur omfattande, om hur de själva agerar då ett brandlarm inkommer etc.

Vid intervjuerna uppgav samtliga att de vid ett inkommande larm (vilket de får från centralvakten) skulle bege sig till den byggnad som larmet aktiverats i, och att det i vaktrummet i den berörda byggnaden finns en display som indikerar i vilken cell larmet aktiverats. De flesta av de tillfrågande var i stort sett medvetna om var brandredskapen på deras egen avdelning var placerade.

Utbildningen hos de tillfrågade var mycket varierande. Majoriteten av de tillfrågande hade endast haft en kortare genomgång i den introduktionsutbildning som nyanställda erhåller. I denna ingår en genomgång av var brandposter är placerade samt var utrymningsvägar finns. Någon uppgav att de inte genomgått någon utbildning över huvud taget, medan andra hade haft utbildning och övningar där de använt olika typer av handbrandsläckare och sökt efter dockor i container med Räddningstjänstens medverkande. En generell bild av hur stor utbildning inom brand och brandskydd personalen besitter är därför svår att få men samtliga tillfrågade verkar överens om att vid ett larm skall den aktuella cellen utrymmas så fort som möjligt. Personal påpekade även att brandlarm kan aktiveras av intagen genom förstörelse för att påkalla uppmärksamhet och kanske till och med i syfte att kunna skada den personal som kommer till undsättning av olika anledning. En större försiktighet måste därför beaktas då celldörren öppnas till vissa intagna. Men personal menade samtidigt på att om det är ett skarpt läge upptäcks detta snabbt.

Inom anstalten fanns tre olika boendeanternativ beroende på i hur hård grad de intagna skall låsas in i sina celler dagtid. I de avdelningar som tillhörde det boendeanternativet med minst inlåst tid fick intagna under röra sig fritt inom byggnaden/avdelningen samt på till avdelningen tillhörande utgård. I det mellersta alternativet fick intagna röra sig

fritt inom sin avdelning men endast vistas ute på rastgården en timma om dagen. I det alternativen med mest inlåst tid, isoleringen, fick den intagne ensam vistas utomhus i en timma om dagen och var i övrigt inlåst i sin cell hela dygnet. Dessa tre olika alternativ innebär att utrymning ej kan ske på samma sätt inom samtliga avdelningar. Enligt intervju med personal uppgavs att vissa intagna kan vara hotade av intagna på en annan avdelning eller av intagen i en annan cell, vilket innebär att dessa ej kan utrymmas i grupp. Den tillfrågade personalen var medveten om hur utrymning skulle ske på den avdelning de arbetade på samt att det på andra avdelningar måste/kan ske på andra sätt. Den allmänna uppfattningen var dock att om situationen kräver en snabbare grupperad utrymning skulle detta utföras. Hänsyn måste dock tas till vilka som utryms samtidigt även då. De som arbetar på den berörda avdelningen vet vilka personer som absolut ej får placeras tillsammans och vilka som under rådande omständigheter kan placeras tillsammans. Även nattpersonal kan få en uppfattning om hur placeringssituationen ser ut på isoleringsavdelningen där samtliga intagna listas och tillhörande kommentar till varför de är placerade på avdelningen finns. En intagen som är hotad kan t.ex. ej utrymmas samtidigt som övriga interner.

Till vilket utrymme intagna utryms finns det givna instruktioner om. Området mellan byggnaderna var inom anstalten uppdelat i ett antal olika inhägnader och utrymning till "det fria" kan därför utföras för samtliga interner. Då interner ej kan placeras inom samma inhägnad finns flera inhägnader tillgängliga för de berörda avdelningarna.

4.2 UTRYMNING

För att utrymning skall hinna ske innan kritiska förhållanden uppstår skall $t_u < t_{krit}$, där t_u är tid för utrymning och t_{krit} är tid till kritiska förhållanden. Tiden för utrymning beräknas generellt genom att addera varseblivningstid, besluts- och reaktionstid samt förflyttningstid. För en vanlig byggnad ligger problemet ofta i att uppskatta besluts- och reaktionstid¹³. Situationen från en vanlig byggnad och en slutna anstalt skiljer sig dock kraftigt då besluts- och reaktionstiden här grundar sig på de rutiner som finns på anstalten gällande hur personal skall agera vid ett inkommet larm.

En av författaren modifierad modell enligt nedan har därför använts för att summera den totala utrymningstiden.

Den totala tiden för utrymning har delats upp i sex olika moment.

1. Detektionstid.
2. Centralvaktens påkallande av personalens uppmärksamhet.
3. Förflyttningstiden för påkallad personal till den aktuella byggnaden.
4. Upplåsning samt låsning av dörrar.
5. Lokalisering av aktuell cell i vaktrummet.
6. Förflyttning till aktuell cell.

¹³ Frantzich, H., Mänskligt beteende i samband med utrymning, Brandskyddshandboken.

4.2.1 Tid till utrymning

Detektionstiden har beräknats i bilaga B och uppgick till ca 0,5 min.

Centralvaktens påkallande av personalens uppmärksamhet uppskattas till ca 15 sekunder då det endast under denna tid skall förmedlas via radio att ett brandlarm har aktiverats i en specificerad byggnad.

Förflyttningstiden till aktuell byggnad har beräknats med utgångspunkt från det värsta fallet. Detta innebär att den personal som skall undersöka larmet är ute och kontrollerar av området och därför befinner sig på så långt avstånd som möjligt, inom anstalten, från den aktuella byggnaden. Avståndet mellan byggnaderna uppgår maximalt till ca 360 m. Hur lång tid det tar för personal att förflytta sig denna sträcka kan variera på grund av markunderlaget utomhus och fysiken hos personalen. Förflyttningshastigheten har därför ansatts till 3 m/s vilken erhållits från enkla försök utförda av författaren. Hastigheten anses motsvara en snabb gång/lätt jogging för att även hänsyn skall tas till eventuell halka etc.

På vägen till den aktuella byggnaden finns 3 dörrar att låsa upp samt låsa. Tiden det tar att låsa upp samt att låsa en dörr har tagits genom försök utförda av författaren och var ca 10-15 s. Den sammanlagda tiden för samtliga tre dörrar är därför ca 40 sekunder.

Därefter skall det i vaktrummet fastställas i vilken cell larmet aktiverats genom att kontrollera displayen. Tidsåtgången till detta bedöms relativt liten (ca 5 sekunder) då samtliga tillfrågade var medvetna om var displayen fanns. Efter detta skall personalen ta sig till den aktuella cellen (maximalt 30 m) och kontrollera om det är ett skarpt larm. Först då kan en utrymning ske. Den bedömda tidsåtgången för respektive moment redovisas nedan i tabell 1.

Tabell 1 Tid tills utrymning är slutförd från cellen.

Moment	Tid (s)
Tid till detektoraktivering	30
Centralvakten påkallar personalens uppmärksamhet	15
Förflyttning till aktuell byggnad	120
Upplåsning samt låsning av dörrar	40
Lokalisering av aktuell cell i vaktrum	5
Förflyttning till aktuell cell*	30
	240

*Den tid det förväntas ta att kontrollera om läget är skarp eller ej är medräknat i detta moment.

Den sammanlagda tiden från det att branden startat till dess att celldörren öppnas blir därmed ca 4 min.

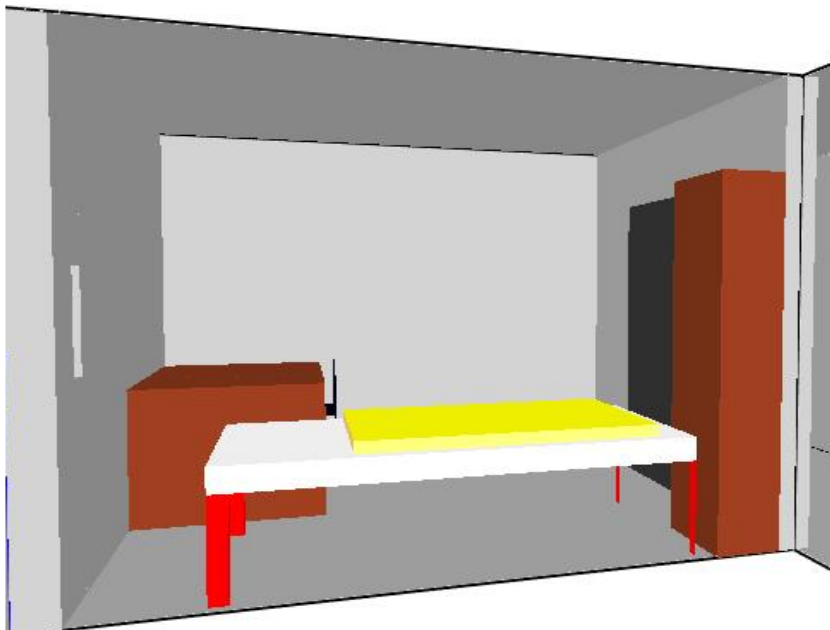
5 BRANDSCENARIER

Detta kapitel behandlar de brandscenarier som kommer att ligga till grund för framtagningen av de förhållanden som kan komma att råda vid brand.

För att undersöka konsekvenserna av en brand på en sluten avdelning har två olika brandscenarier valts att studeras. Vid val av brandscenarier har hänsyn tagits till hur troligt det är att branden uppstår i det valda utrymmet samt hur omfattande konsekvenser en brand i utrymmet skulle ge. Brandscenarierna skall representera så kallade "credible worst case" scenario vilket innebär att de skall vara bland de värsta tänkbara fallen. Brand i cell kan ge allvarliga konsekvenser för den person som befinner sig i rummet men den kan även påverka andra intagna samt personal då brand/brandgas kan sprida sig via ventilation eller korridor vid öppnande av dörren. Brand i dagrum medför brandgasspridning i korridoren vilken fungerar som enda utrymningsväg för intagna när de sitter inlåsta i sina celler och anses därför kunna vålla stora oönskade påföljder. Det finns naturligtvis fler tänkbara scenarier som medför oönskade konsekvenser men de scenarier som valts anses representera fall med allvarliga konsekvenser som kan inträffa.

5.1 BRAND I CELL.

Då det var anlagd brand i 134 av 234 fall under åren 1996 till 2002 antas detta vara ett representativt scenario¹⁴. I cellen finns en del brännbara material bl.a. säng, kläder, garderob, tidningar mm. För att brandscenariot skall representera ett "credible worst case" scenario antas en intagen lägga tidningar och kläder (inkl. sängkläder) på madrassen för att sedan tända på pappret. Nedan i figur 2 redovisas hur cellen är inredd.



Figur 2 Cellens inredning.

För att få fram en effektutvecklingskurva har superpositionsprincipen använts. I denna adderas effektutvecklingskurvorna för de olika ingående materialen vid den tidpunkt de förväntas antända. Brandscenariot antas se ut på så sätt att tidningarna (10st) antänds

¹⁴ Räddningsverkets insatsstatistik 1996-2002.

först, branden från dessa sprider sig snabbt till kläderna (bomull) och sedan vidare till madrassen (polyeter, en form av skummad polyuretan). Kläder och tidningar förväntas ingå i branden snabbt då de är relativt lättantändliga. Madrassen är flamskyddad och därför mer svårantändlig. I försök som utförts av tillverkaren sägs att en cigarett ej kan antända materialet. I detta scenario är en brandhård placerad på madrassen och det flamskydd som visats har därför mindre betydelse för antändningen och madrassen kommer att antända om än lite senare än kläder och papper. Madrassen antas antända efter ca 30 s och inte momentant på grund av att den är flamskyddad och först efter 30 s ingår den i brandförloppet, dock ej med samma tillväxthastighet som pappret och kläderna.

Branden kommer, enligt beräkningar i Bilaga B, att bli ventilationskontrollerad. Branden tillåts först växa till ca 430 kW på grund av syreinhållet i rummet. Därefter sjunker effekten till ca 90 kW på grund av den begränsade mängd syre som tillkommer via ventilation och öppningar till det fria. Ytterligare sänkning av effekten kommer troligtvis att uppstå då oförbrända brandgaser tränger undan en del av det tillgängliga syret.

Branden antas till en början att tillväxa enligt en αt^2 -kurva där t är tiden i sekunder och α är en konstant som styr tillväxthastigheten. En αt^2 -kurva antas då detta är ett enkelt sätt att beskriva en accelererande tillväxt vilket bränder oftast har¹⁵. Då det antas att det är papper som antänds först och att detta i sin tur snart kommer att antända kläderna kommer branden att ha en snabb tillväxthastighet. Det α -värde som ansatts grundar sig på försök som utförts då säckar med papper (å 1,17 kg) har antänts. Tillväxtkurvan nådde då en effektutvecklingstopp på 130 kW efter ca 60 sekunder (motsvarar ett α -värde på 0,036 kW/s²) och hade brunnit ut inom 3 min¹⁶. För textilier finns experiment utförda då kläder hänger i en garderob eller då gardiner hänger vertikalt längs väggen. I det aktuella fallet kommer kläderna ej att brinna vertikalt utan ligga i en hög på madrassen. Tillväxthastigheten är därför betydligt lägre än den som uppmätts i experimentet där till exempel en gardinbrand växte till 1500 kW inom 30 sekunder för att sedan ha brunnit ut helt inom ca 1 minut. Det finns data som visar att kläder i garderob kan brinna med mycket olika tillväxthastighet generellt är den dock ganska snabb, där α -värdet varierar mellan 0,0169 kW/s² till ca 0,9 kW/s².¹⁷ Det högre av dessa värden anses dock orimligt högt i det aktuella fallet där kläder ligger horisontellt, dessutom anges inte vilket typ av material det är som är involverat i branden vilket naturligtvis har betydelse. En tillväxthastighet liknande den för pappret ($\alpha = 0,036$ kW/s²) anses därför rimlig för det tidiga brandförloppet då båda materialen brinner horisontellt samt förmodligen är ungefär lika luftigt packade.

Vid besöket erhöles en lista över det de ägodelar som fick förvaras i cellen och utifrån denna (förutsatt maximalt tillåtet innehav) bedömdes tidningarnas respektive papprets massa. Tidningarna väger ca 1 kg och kläderna ca 3 kg. Madrassen består av flamskyddad polyeter och väger ca 6,5 kg. En liknande madrass (dock med lägre densitet) har i försök visats utveckla en maximal effekt på ca 700 kW vilket uppnås efter ca 4 min från det att antändning skett¹⁸. Madrassens tillväxt startade först ca 2 min efter antändning med hjälp av metenamintablett. Den brandhård som i scenariot är placerad på madrassen kommer att dock att medföra en snabbare antändning samt tillväxt hos madrassen. Mad-

¹⁵ Karlsson, B., Quintiere, J., Enclosure fire dynamics

¹⁶ Särdaqvist, S., Initial fires

¹⁷ Schifiliti, R.P., Meacham, B.J., Custer, R.L.P, Design of detection systems, SFPE

¹⁸ Holmstedt, G., Kaiser, I., Brand i vård bäddar

rassen har dock en förhållandevis långsam tillväxthastighet till en början och förväntas endast marginellt bidra till tillväxten direkt efter dess antändning. Branden antas därför växa med en tillväxthastighet som har ett α -värde på $0,036 \text{ kW/s}^2$ under 30 s tills madrassen antänts, därefter ökar α -värdet något tills 430 kW uppnås då branden blir ventilationskontrollerad. Därefter dras effekten successivt ner till ca 90 kW vilket är den effekt som tilluften kan bidra till. Ytterligare sänkning av effekten kommer troligen att ske då oförbrända brandgaser tränger undan syrets tillgång till brandhärden. Då dörren öppnas kommer pyrolyserade gaser att antändas samtidigt som branden får syretillgång att fortsätta den naturliga tillväxten. Desto mer brännbart material som hinner pyrolyseras ju snabbare kommer tillväxthastigheten att bli då dörren öppnas.

En fullt utvecklad rumsbrand kan fås om temperaturskillnaden mellan övre och undre brandgaslagret når $500\text{-}600^\circ\text{C}$ i en begränsad rumsvolym.¹⁹ Branden är belägen intill en vägg i brandscenariot, vilket innebär att den effekt som behöver alstras för en övertändning är mindre än i det fall då branden står i centrum av rummet. En effekt på 400 kW, hos en brand belägen intill en vägg, räcker för att det skall uppstå en fullt utvecklad brand i ett rum med storleken $3*3*2,3 \text{ m}^3$. Huruvida branden mynnar ut i en fullt utvecklad rumsbrand är något osäkert men det anses vara ett rimligt brandförlopp.

Med hänsyn till att en del av det brännbara materialet i rummet pyrolyserats under tiden branden var ventilationskontrollerad anses det rimligt att dessa till viss del blandas om med luften och bidrar till en väldigt snabb tillväxthastighet då dörren öppnas. Effekten 400 kW bedöms återigen kunna uppnås och även överstigas snabbt då det är en relativt liten effektutveckling med avseende på den brandbelastning som finns i rummet. Brandens effekt bedöms få en effekttopp som överstiger fullt utvecklad rumsbrand på grund av de pyrolyserade gaser och den tillfälliga ökningen av brännbart material dessa medför.

Det efterföljande brandförloppet bedöms därför öka kraftigt efter det att dörren öppnas för att sedan avta något och mynna ut i en fullt utvecklad rumsbrand. I den fullt utvecklade rumsbranden ingår säng, skrivbord, garderob, TV samt en del andra tillhörigheter. En TV utvecklar ca 300 kW²⁰. Trä utvecklar ca 180 kW/m^2 .²¹ Den totala arean som utgörs av trä är ungefär 5 m^2 , vilket då medför en effektutveckling på ca 900 kW. Madrassen utvecklar maximalt ca 700 kW. I den fullt utvecklade rumsbranden ingår samtliga material i branden och maximalt utvecklas ca 2 MW. Diagram 1 nedan redovisar den effektutvecklingskurva som anses representera brandscenariot vilken resonerats fram enligt ovan. Huruvida brandförloppet fortsätter som fullt utvecklad rumsbrand efter öppnandet av dörren är dock något osäkert.

¹⁹ Drysdale, D., An Introduction to Fire Dynamics 2nd edition.

²⁰ Karlsson, B., Quintiere, J., Enclosure fire dynamics.

²¹ McCaffery, B., Flame Height, SFPE

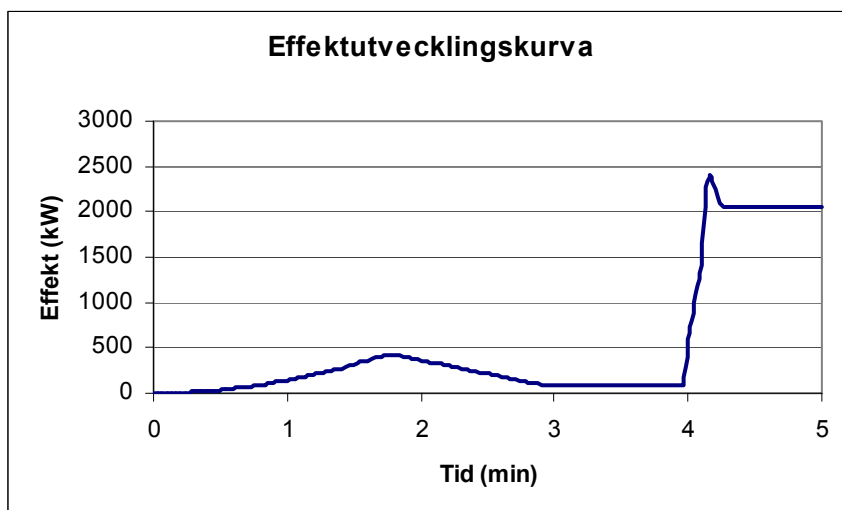


Diagram 1 Effektutvecklingskurva för brand i cell.

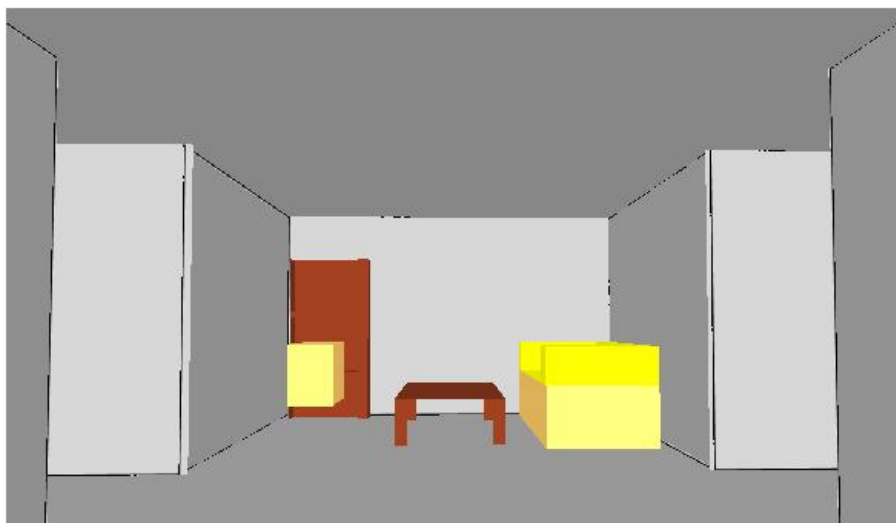
Framtagningen av effektutvecklingskurva har även verifierats genom en simulering i CFAST, se bilaga B. I jämförelse mellan den simulerade effektutvecklingskurvan och den ovan redovisade kurvan visas att överensstämmelsen är god.

Ytterligare verifiering utfördes med programmet FDS 4, se bilaga C. Även denna stämmer väl överens med ovan redovisad effektutvecklingskurva.

Vad det gäller personsäkerheten för intagen i brandrummet har brandförloppet som sker efter det att dörren öppnas ringa betydelse. Det vidare brandförloppet kommer däremot ha betydelse för brandgasspridningen och intagna i andra celler.

5.2 BRAND I DAGRUM

Dagrummet är $4 \times 7,5 \times 2,5$ m³ och placerat i en helt öppen direkt anslutning till korridoren. Dagrummet innehåller soffa, TV, hylla, soffbord etc. Nedan i figur 3 redovisas dagrummets utformning samt dess inredning. Att ett brandscenario placerats i dagrummet beror på att dagrummet ligger i direkt, helt öppen, anslutning till korridoren vilken fungerar som enda utrymningsväg för de intagna.



Figur 3 Dagrummets inredning

Branden antas här starta i en soffa på grund av att någon tappat en cigarett. Branden antas till en början ligga och pyra lite innan den tillväxer enligt en normal soffbrand.

Det finns försök som visar att soffor av olika slag oftast uppnår en effektutveckling på ca 1-1,7 MW (ibland även upp till 3 MW)²². Tillväxthastigheten och den maximala effektutvecklingen varierar beroende av material och storlek. Generellt är det en förbrinntid på 30-60 sekunder och sedan tilltar branden kraftigt. Hur länge branden pågår varierar dock. Då det är okänt vilket material som finns i den aktuella soffan ansätts effektutvecklingen följa ett scenario som är bland de värre av de olika sofforna. Tillväxten antas därför starta efter 60 sekunder och växer därefter till 2,5 MW under loppet av ca tre minuter. En α^2 -kurva antas vara representativ då uppmätta effektutvecklingskurvor från utförda försök följer en ungefärlig kvadratisk tillväxthastighet. Soffbranden ansätts därför att utvecklas med en tillväxthastighet som har ett α -värde på 0,077 kW/s². I rummet i övrigt finns bland annat TV och soffbord. Branden bedöms sprida sig till soffbordet på grund av den höga värmestrålning som kommer att alstras från soffan. Flammor kommer förmodligen även att få direktkontakt med bordet, då det står ca 2-3 dm från soffan och trä antänder med hjälp av pilotlåga vid 300-400°C²³. Soffbordet bedöms endast bidra till den maximala effektutvecklingen i liten utsträckning. Bordet har en area på ca 2 m² och trä brinner med en effekt på 180 kW/m² vilket innebär en ökad effekt på ca 400 kW. Branden förväntas sedan sprida sig till TV och hyllor. Den maximala effektutvecklingen förväntas dock inte öka i någon större utsträckning då soffan tidigt i brandförloppet utvecklar förhållandevis hög effekt samtidigt som den effekt som soffan alstrar avtar efter ca 1 min efter det att maximala effekten uppnås. Brandbelastningen i rummet är begränsad och relativt glest placerad vilket är en bidragande faktor till att allt material förmodligen ej kommer att brinna samtidigt.

För att illustrera effektutvecklingskurvan som resoneras fram ovan redovisas i diagram 2 nedan den effektutvecklingskurva som anses representera brandscenariot "Brand i dagrum".

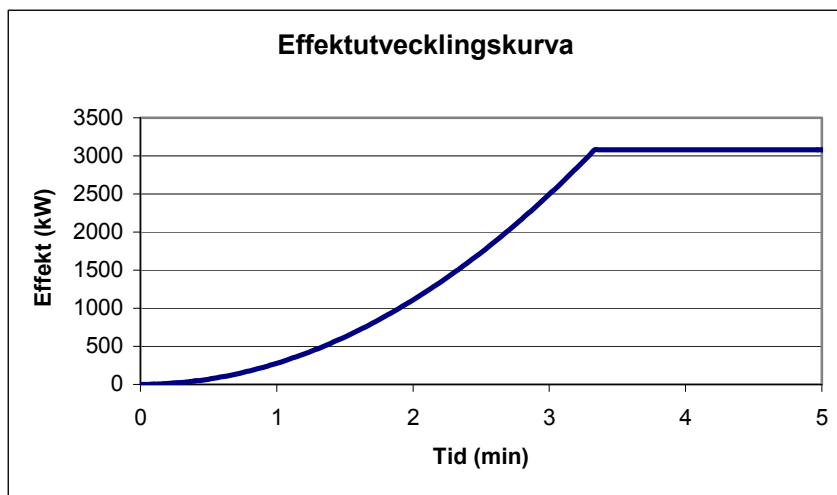


Diagram 2 Effektutvecklingskurva vid brand i dagrum.

²² Särdaqvist, S. Initial fires.

²³ Drysdale, D., An Introduction to Fire Dynamics 2nd edition.

6 TID TILL ALLVARLIGA FÖRHÅLLANDEN

Detta kapitel skall behandla de förhållanden som råder med avseende på toxicitet, sikt samt temperatur i respektive del av byggnaden under brandförloppens gång.

6.1 BRAND I CELL

Om en intagen anlägger en brand i sin cell och antänder t.ex. kläder, tidningar och madrass kommer omöjligt utrymning hinna ske innan kritiska förhållanden som definieras i BBR uppnås i brandrummet. Brandgaslagret kommer att understiga kritisk nivå inom ca en minut, se beräkningar i bilaga B. Detta beror på att brandbelastningen i rummet är relativt hög i förhållande till rumsstorleken som endast är 3*2*2,5 m³. Det bör därför istället diskuteras vilken gräns som kan anses acceptabel under de särskilda förhållanden som råder i denna typ av verksamhet. De gränser som satts av Boverket syftar till att utrymning skall kunna ske under säkra förhållanden. I den berörda verksamheten kanske gränsen borde sättas med avseende på när hälsan är i fara och inte då sikten är begränsad till tio meter eller då temperaturen i rummet överstiger 80°C. Naturligtvis skall målsättningen vara att utrymning skall ske så snabbt och smidigt som möjligt. Men ett krav på att utrymningen skall vara utförd innan brandgaslagret understiger 1,8 m vilket inträffar efter ca en minut, är i princip omöjligt att uppnå. Var den acceptabla gränsen skall gå kan naturligtvis diskuteras. I rapporten har förutsättningen varit att utrymning skall ske innan allvarliga eller livshotande skador uppstår samt att den intagne skall utrymmas innan denne uppnått medvetlöslöst tillstånd.

6.1.1 Toxiska koncentrationer som kan medföra medvetlöshet

Syrgashalten

Syrebrist kan, om den blir tillräckligt stor och långvarig, leda till dödsfall. Nedan i tabell 2 redovisas hur människan reagerar vid för låga syrenivåer²⁴.

Tabell 2 Människans beteende vid en sjunkande syrgasnivå.

Syrgashalt %	Människans reaktion
14,4 - 20,9	Likgiltig fas, mindre effekter på mörkerseende etc.
11,8 - 14,4	Något ökad andning, hjärtat slår snabbare, något försämrat omdöme.
9,6 - 11,8	Uppenbar syrebrist, minskad neuromuskulär kontroll, minskat omdöme, minskad viljekraft, humöret kan variera från likgiltighet till euforiskt tillstånd, hallucinationer, ökad andningsfrekvens.
7,8 - 9,6	Kritisk syrebrist, snabb försämring av omdömet ledande till medvetlöshet följt av andningsstillestånd och slutligen död.

Ovan redovisade reaktioner och beteenden inträffar inte momentant då människan utsätts för en viss syrekonzentration. Kroppen måste först komma i jämvikt och efter en viss tid uppstår det beteende som redovisats ovan. Tabellen kan dock ge en fingervisning

²⁴ Purser D.A ., Toxicity Assessment of Combustion Products, SFPE.

över vilka förhållanden som kan anses acceptabla under en kort tid. Efter 30 sekunder med en syrgashalt på ca 4 % förväntas en person bli medvetslös.²⁵ Efter 1 minut med en halt på ca 5,5 %, efter 2 minuter med en halt på ca 7,2 % och efter 3 minuter med en halt på ca 8 % (data är samlad då personer befinner sig på olika höjd över havet och inte då en person befinner sig i ett brandrum).

Koldioxid

Om en person utsätts för en koldioxidhalt på 7-8 % under 5 minuters tid eller 10 % under 2 minuters tid kan personen bli medvetslös.²⁶ Om en person utsätts för en halt på 10 % under 5 minuters tid kan personen omkomma. Koldioxiden i sig blir inte toxisk förrän halten 5 % uppnås. Dock kan även mindre mängder ha negativ inverkan då koldioxiden gör att personer andas mer frekvent och därmed kan uppta större mängder av övriga toxiska gaser som producerats på grund av branden. Efter hur lång tid en person förväntas bli medvetslös då koldioxidkoncentrationen varierar över tiden kan beräknas, vilket redovisas i Bilaga C.

Kolmonoxidhalten

För att kunna förutsäga tiden till dess att en person blir medvetslös på grund av kolmonoxidhalten är det nödvändigt att veta vid vilken koncentration av carboxylhemoglobin (COHb) en människa blir medvetslös samt vilken andningsfrekvens personen har²⁷. Hur detta beräknas redovisas närmare i bilaga C. Tiden tills dess att en person kan bli medvetslös på grund av kolmonoxidhalten beror naturligtvis på koncentrationen i rummet och exponeringstiden men även till stor del på hur stor volym den exponerade personen inandas, det vill säga personens ansträngningsgrad.

6.1.2 Förhållanden som uppstår vid brand i cell

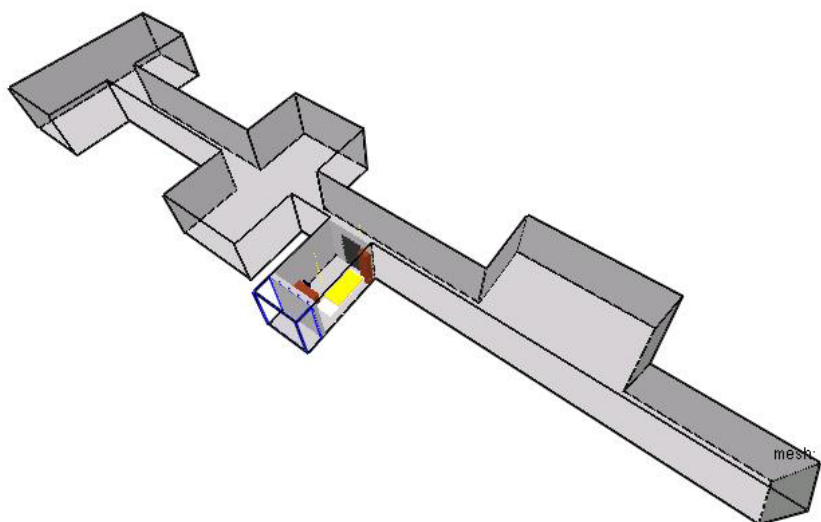
För intagen som befinner sig i cellen vid antändning är förloppet innan dess att dörren öppnas intressant. Då det brinner i ett litet utrymme förbrukas snart det tillgängliga syret som finns, speciellt då det uppstår en flambrand. Förbränningen som efterföljer blir då ofullständig och producerar en rök rik på kolmonoxid och andra toxiska gaser. Detta i kombination med en syrefattig miljö medför att hälsofarliga förhållanden snabbt kan uppstå.²⁸ För att undersöka hur de förhållanden som uppstår i cellen samt de förhållanden som uppstår i korridoren efter det att dörren öppnats ser ut har den ansatta branden simulerats i FDS, Fire Dynamics Simulator. De indata som använts i programmet är rumsgeometri, inredning samt brandscenario, se vidare information i Bilaga C. Nedan i figur 4 redovisas den rumsgeometri som motsvarar en avdelning på anstalten. För att ge en uppfattning om storleken på avdelningen kan nämnas att korridoren är ca 30 m lång.

²⁵ Purser, D.A., Toxicity assessment of combustion products, SFPE.

²⁶ Purser, D.A., Toxicity assessment of combustion products, SFPE.

²⁷ Purser, D.A., Toxicity assessment of combustion products, SFPE.

²⁸ Purser, D.A., Toxicity Assessment of Combustion Products, SFPE, 3rd edition.



Figur 4 Rumsgeometri på avdelningen.

Den inredning som finns i rummet är skrivbord, stol, garderob (tom), madrass, kläder och papper. Den gula rektangel som är placerad på madrassen representerar initialbranden, det vill säga papper och kläder. Beståndsmaterialet i dessa har ansatts till cellulosa.

Sikt

Sikten har ej beaktats då det gäller utrymning från cellen. Detta på grund av att utrymmet är mycket begränsat och därmed rökfylls snabbt. Dessutom är lokalkännedomen mycket god då samtliga celler i princip ser likadana ut. Dock kan det i cellen uppfattas obehagligt på grund av begränsad sikt men denna kommer inte att styra utrymningen från det begränsade utrymmet. Vid öppnandet av dörren kommer sikten i cellen att öka. Problemet ligger snarare i utrymningen av resterande celler inom avdelningen på grund av den rökutveckling som bildas i korridoren.

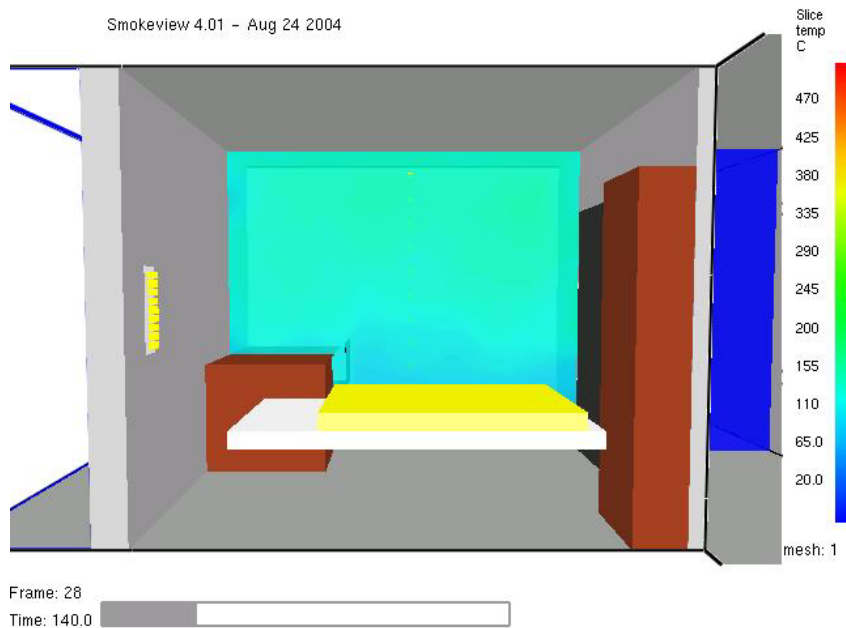
Temperatur

För att illustrera de temperaturförhållanden som uppstår i cellen redovisas nedan i figur 5 och 6 temperaturen i cellen efter 90 respektive 140 sekunder.



Figur 5 Temperaturprofil i cellen efter 90 sekunder.

Vilket framgår av figuren ovan har temperaturen i det övre lagret stigit till ca 300-400 °C. Längst upp i högra hörnet är temperaturen ca 450-500 °C. Det undre lagret, vilket råder till en höjd på ca 0,5-0,6 m, har en temperatur på ca 20-40 °C.



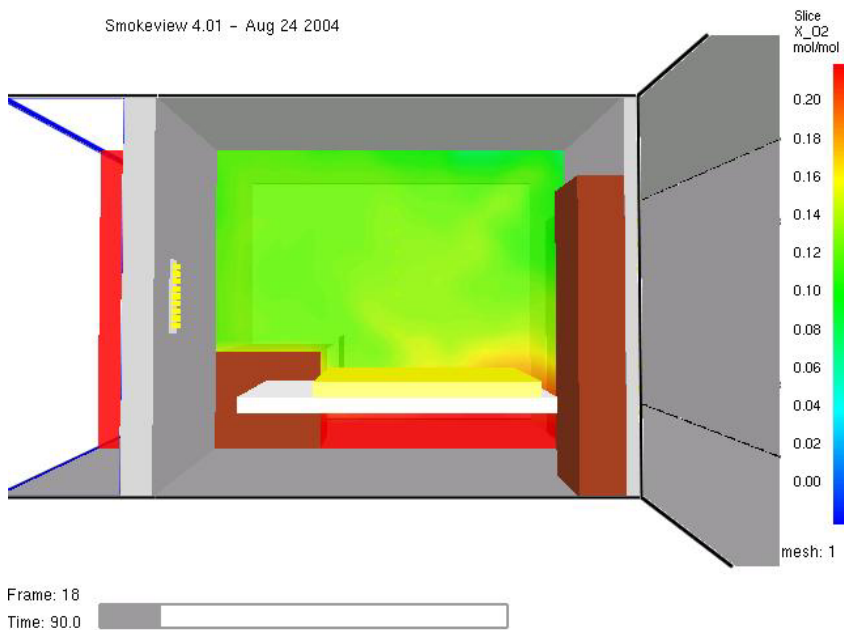
Figur 6 Temperaturprofil i cellen efter 140 sekunder.

Vilket framgår av figuren ovan har hela rummet efter 140 sekunder en relativt homogen temperatur på ca 90-130°C. Temperaturen i brandrummet sjunker sedan successivt på grund av att branden blir underventilerad vilket innebär avtagande effektutveckling. Då dörren öppnas efter 240 sekunder har temperaturen i cellen sjunkit och är ca 20-50°C. Personen som befinner sig i cellen kommer därför inte att exponeras för några högre temperaturer under längre tid. Några större skador orsakade av temperaturstegringen kommer därför troligen inte att förekomma förutsatt att personen håller sig på en låg höjd i utrymmet.

Toxicitet

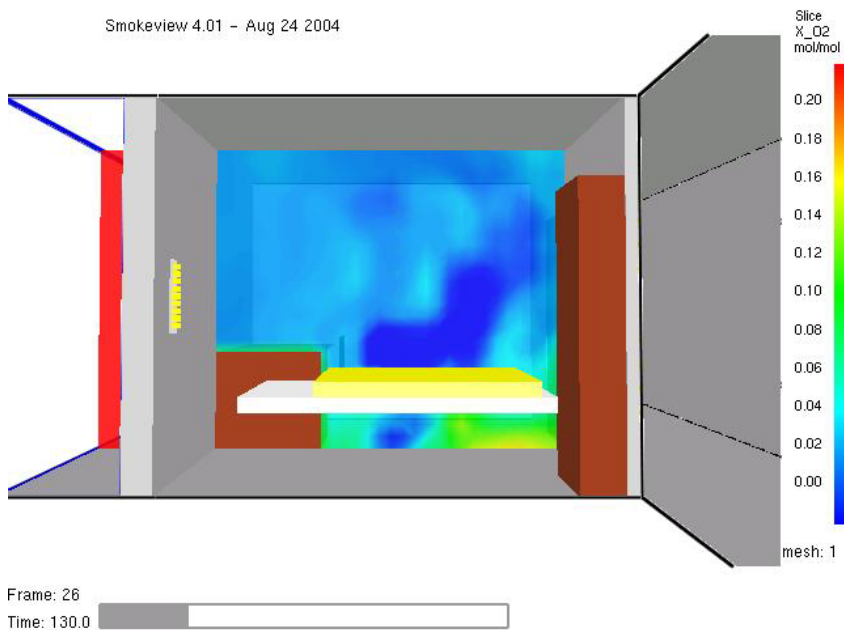
Syrgashalten

Nedan i figur 7 redovisas cellens syrehaltprofil efter 90 sekunder.



Figur 7 Syrehalt i cell efter 90 sekunder.

Vilket framgår av figuren är syrehalten i övre delen av rummet ca 8 % medan den i golvnivå upp till ca 0,6 m är ca 20 %. Förändringen sker dock drastiskt strax efter detta nedan i figur 8 redovisas de förhållanden som råder efter 130 sekunder. Syrehalten i cellen är då i princip obefintlig. På enstaka punkter i rummet uppgår den till runt 8 % men överlag ligger den mellan 0 och 4 %. Efter ca 140-150 sekunder är syrehalten ca 0 % i hela cellen. Vid öppnandet av dörren kommer syrenivån att stiga kraftigt eftersom kallluft sugts in i den undre delen av rummet och varmluften väller ut i övre delen av dörröppningen.

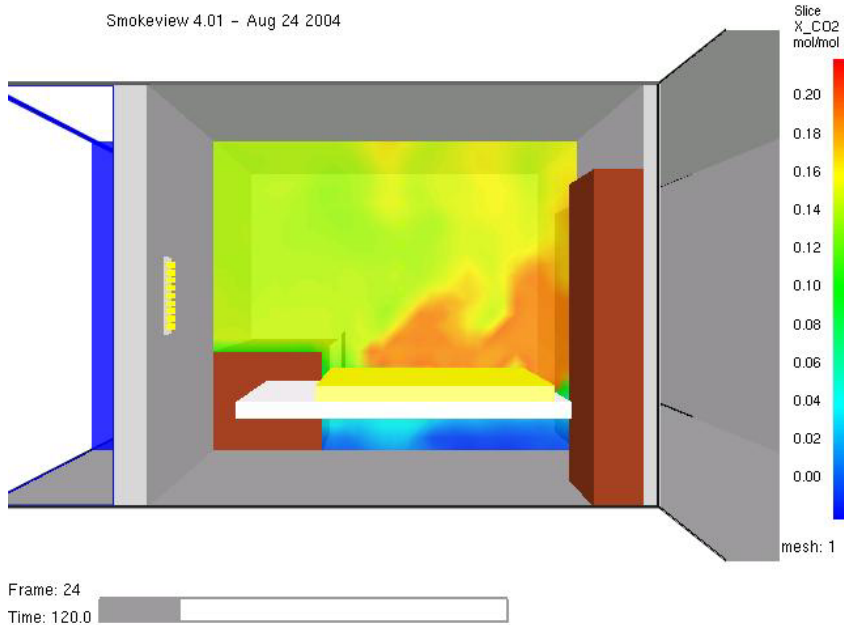


Figur 8 Syrehalt i cellen efter 130 sekunder.

Enligt de exponeringstider som redovisats i kapitel 6.1.1 kommer en person som befinner sig i cellen kunna förväntas bli medvetslös efter ca 2,5 minuter, då syrehalten varit 4 % eller lägre under 30 sekunder.

Koldioxidhalten

Vid vilken tid koldioxidhalten kan medföra medvetslöshet har beräknats och redovisats i bilaga C. Om en person befinner sig under höjden 0,5 m från golvet kan medvetslöshet inträffa mellan 2,2 och 2,4 minuter. Om en person befinner sig ovan denna (på höjden 1,1 eller högre) kan medvetslöshet inträffa inom 2,0-2,2 minuter. Koldioxidhalten illustreras även genom figur 9 där förhållanden i cellen efter tiden 2 minuter redovisas.



Figur 9 Koldioxidhalten i cellen efter 120 sekunder.

Vilket framgår av figuren är CO₂-halten efter 2 minuter relativt låg under höjden 0,5 m men ovan denna uppgår den till 12-19 %. Snart efter detta har dock koldioxidnivån även ökat i den undre delen av rummet och efter ca 2,5 minuter är halten 16-18 % i hela utrymmet. Då programmet ej tar hänsyn till att branden blir ventilationskontrollerad utförs en handberäkning redovisad i bilaga C i syfte att verifiera de koldioxidhalter som redovisats ovan. Jämförelsen mellan beräkningarna utförs vid tidpunkten då allvarliga förhållanden uppstår och redovisar att resultaten som anges ovan är troliga, det bör dock tilläggas att efter ju längre tid branden varit ventilationskontrollerad ju mindre mängd koldioxid produceras. Att resultaten stämmer väl överens beror troligtvis på att branden vid tidpunkten då allvarliga förhållanden uppstår ej har varit ventilationskontrollerad under någon längre tid.

Kolmonoxidhalten

Kolmonoxidhalten i cellen överstiger enligt simuleringen ej 850 ppm någon gång under brandförloppet. En vilande man som väger ca 70 kg som inandas en koncentration på 840 ppm uppnår en dödlig dos efter ca 4 timmar²⁹. Fallet i cellen, då 850 ppm uppnås i ca 1 min, understiger denna exponering kraftigt vilket innebär att dödliga förhållanden avse-

²⁹ Purser, D.A., Toxicity assessment of combustion products, SFPE.

ende kolmonoxiden då ej kommer att uppstå i cellen under brandförloppet. Den dos som krävs för att en person skall bli medvetslös beräknas i bilaga C. Om cellens kolmonoxidhalt konstant skulle vara 850 ppm förväntas en person under lättare arbete att bli medvetslös då exponeringstiden uppgått till ca 38 minuter. Om en person befinner sig i hårt arbete krävs en exponeringstid på ca 19 min för att kolmonoxiden skall leda till medvetlöshet. Det anses mest rimligt att utgå från den exponeringstid som gäller då en person befinner sig i hårt arbete (19 min) då personen är utsatt för hög press samtidigt som koldioxidexponeringen bidrar till en mer frekvent andning.

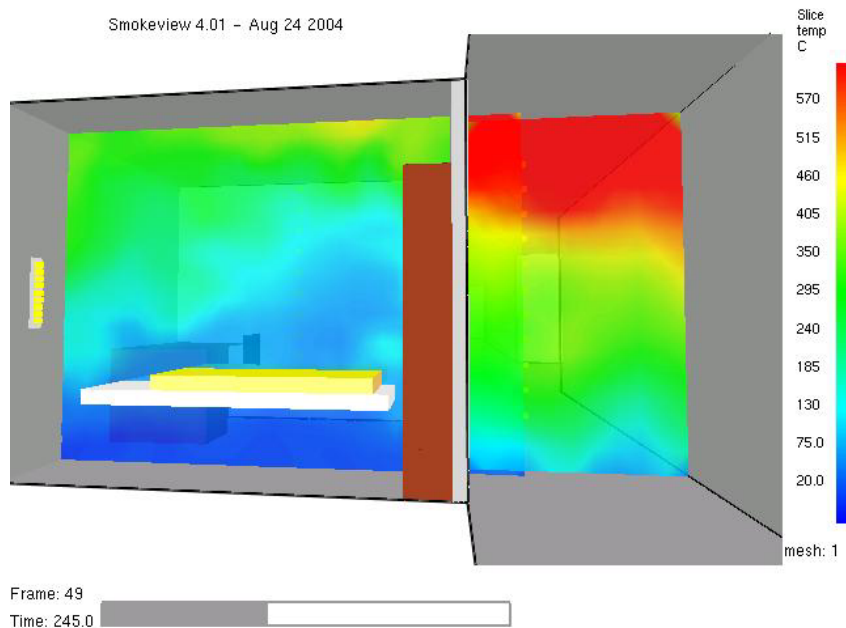
Då branden i simuleringen blir ventilationskontrollerad efter ca 1,5 minuter kommer kolmonoxidhalten i verkligheten att öka drastiskt. I hur stor uträkning detta sker är dock svårt att säga. Den kolmonoxidhalt som ges i utdata från simuleringen är dock underskattad. Programmet tar ingen hänsyn till att branden blir ventilationskontrollerad och därmed producerar mer kolmonoxid. I programmet följer kolmonoxidproduktionen koldioxidproduktionen. Enligt beräkning i Bilaga C skall dock kolmonoxidhalten ha ett medelvärde på 21500 ppm under de 30 sekunder som följer efter det att branden blivit ventilationskontrollerad om denna parameter skall bli kritisk före det att koldioxidhalten kan medföra medvetlöshet. Det vill säga att vid en linjär ökning skulle kolmonoxidhalten uppgå till ca 43000 ppm 30 sekunder efter det att branden blivit ventilationskontrollerad. Detta anses vara en orimlig hög produktion under så kort tid som 30 sekunder och bedöms därför ej inträffa. Enligt handberäkning som redovisas i bilaga C kommer de förhållanden som simuleringen redovisar efter 2,5 minuter vara de förhållanden som inträffar efter ca 2 minuter. Ju längre brandförloppet fortskrider ju mer kolmonoxid kommer att produceras och ju mer missvisande kommer simuleringsresultaten angående kolmonoxid att vara. Det är dock osäkert efter exakt hur lång tid kolmonoxidhalten blir allvarlig för personen i cellen, det bör även tilläggas att koldioxid ger en ökad andningsfrekvens och därmed bidrar till en ökad upptagning av kolmonoxid.

6.1.3 Tillgänglig tid vid utrymning från cellen

För att utrymning från cellen skall kunna ske innan en intagen kan bli medvetslös måste utrymningen ske inom 2 minuter. Efter ca 2 minuter blir koldioxidhalten så hög att medvetlöshet kan inträffa. Snart efter detta, efter ca 2,5 minuter, kommer även den låga syrehalten i lokalen att kunna medföra medvetlöshet. Personen i cellen kommer troligtvis ej att påverkas av temperaturökningen i någon större utsträckning.

6.1.4 Personalens säkerhet då celldörren öppnas

Då celldörren öppnas ökar temperaturen kraftigt både i cellen samt dörröppningen. Endast 5 sekunder efter öppnandet av dörren ser temperaturprofilen ut enligt figur 10 i korridor samt cell.



Figur 10 Temperaturprofil i cell samt korridor efter 4 min 5 sekunder.

Vilket framgår av figuren är temperaturen i övre delen av korridoren mycket hög strax efter det att dörren öppnats. Detta beror på att branden får en ökad syretillgång och flammor slår ut i dörrens övre del. Temperaturen kommer snabbt, nästintill momentant, att stiga till ca 550°C. I den undre delen på höjden 0,5 m kommer temperaturen snabbt att stiga till ca 250°C och sedan sjunka till ca 30-40°C.

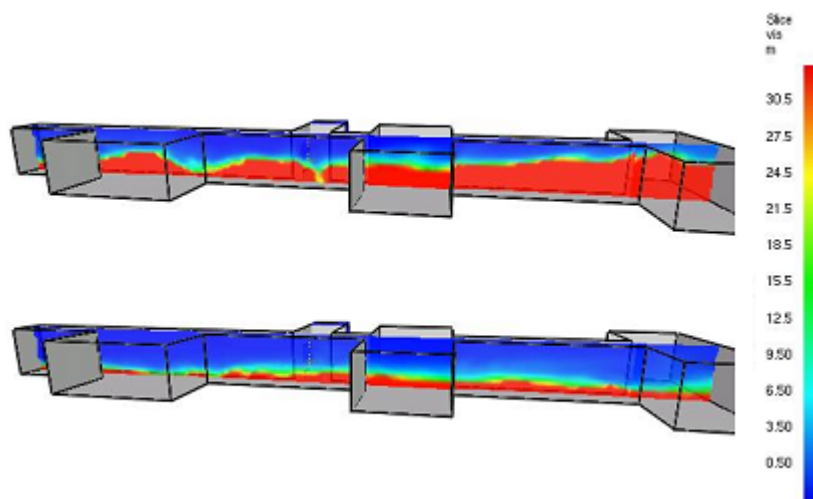
De höga temperaturer som uppstår då dörren öppnas kan naturligtvis komma att skada personalen allvarligt, i synnerhet om personalen öppnar dörren på normalt sätt, det vill säga stående i upprätt ställning. Att personal skall arbeta under dessa förhållanden är oacceptabelt. Situationen är i praktiken livsfarlig, speciellt då personalen ej har någon skyddsutrustning och ej heller en tillräcklig utbildning.

6.1.5 Utrymningsförhållanden i korridoren

Någon direkt värmeutveckling eller brandhärd kommer ej att sprida sig utanför cellen då det brännbara materialet i korridoren i princip är obefintligt. Däremot har öppnandet av celldörren betydelse för personalens säkerhet samt övriga intagnas säkerhet då dessa skall utrymmas.

Sikt

Då dörren öppnas kommer brandgaser att välla ut och snabbt rökfylla hela korridoren. Nedan i figur 11 redovisas sikten i korridoren 15 respektive 40 sekunder efter det att dörren öppnats.



Figur 11 Sikten i korridoren 15 (övre fig.) respektive 40 (undre fig.) sekunder efter det att cell-dörren öppnats.

Vilket framgår av simuleringen kommer sikten snabbt att försämrats i korridoren. Utrymning kommer ej att kunna utföras ca 40 sekunder efter det att celldörren öppnats på grund av att sikten då i princip blivit obefintlig.

Temperatur

Efter det att dörren öppnats kommer temperaturen i korridoren att öka i området kring cellen. Det kommer även att ske en generell temperaturökning upp till ca 140-150°C i de övre regionerna. Temperaturen i korridoren (bortsett från den mindre del som ligger i direkt anslutning till cellen) upp till ca 1,3 m blir relativt homogen och kommer att vara kring 40-70°C.

6.1.6 Tillgänglig tid vid utrymning av resterande celler

Utrymning av resterande celler kommer att behöva utföras inom ca 40 sekunder efter det att celldörren öppnats då sikten efter denna tid i princip blir obefintlig. Temperaturen i korridoren kommer ej att påverka utrymningen av övriga celler nämnvärt, dock är temperaturen i det övre siktet direkt utanför celldörren något hög men under en nivå på ca 1,3 m är temperaturen relativt homogen och kommer att vara kring 40-70°C.

Att personalen skall hinna utrymma avdelningen inom ca 0,5 min efter det att dörren öppnats är orimligt. Sannolikt hinner personalen knappt utrymma den person som befinner sig i brandrummet innan sikten blir obefintlig i korridoren.

6.1.7 Spridning via ventilationssystemet

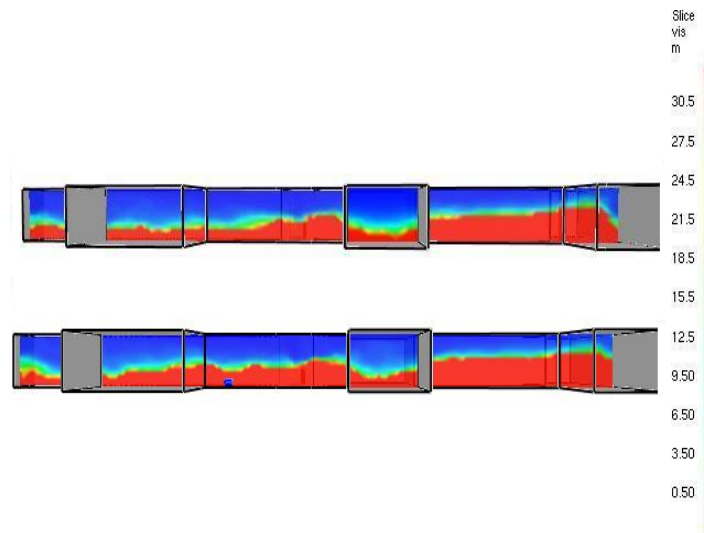
Spridning av brandgaser mellan celler kan ske via ventilationen. I det berörda fallet är samtliga celler utförda i gemensam brandcell, det vill säga att det inte finns några brandtekniska avskiljningar mellan cellerna i ventilationskanalerna. Ett ventilationssystem kan fungera på olika sätt vid en brand. Bland annat kan tilluften stängas helt och fungera som en slags skorsten medan frånluften fortsätter att gå. Tilluften kan även reverseras och fungera som frånluft alternativt kan både till och frånluft stängas av vid brand. På den besökta anstalten stängdes tilluft samt frånluft av för att fungera som självdragsventilation. I ett sådant system kan brandgaser obehindrat sprida sig mellan utrymmena. Om det rör sig om varma brandgaser, vilket det i normalfallet gör, stiger brandgaserna på grund av den termiska stigningskraften. Det kan då rimligtvis förväntas att brandgaserna letar sig uppåt i systemet. Kylning kommer dock att ske av röken via ledning genom ventilationskanalerna samt vid omblandning med vanlig luft. Brandgaserna som produceras vid cellbranden kommer ej att uppnå den höga temperatur som uppnås vid en normal flambrand på grund av att branden tidigt blir ventilationskontrollerad. Brandgaserna kan därför ej förväntas stiga i den mån de skulle förväntas göra vid en flambrand. Vilket redovisats ovan kommer temperaturen i cellen efter ca 2,5 minuter att vara mellan 90 och 130°C, detta är naturligtvis en högre temperatur än normal rumstemperatur så en viss termisk stigning kommer att ske till en början. Brandgaserna kommer dock att spädas med vanlig luft och dessutom kommer värme att ledas bort. Hur spridningen kommer att se ut beror av olika faktorer. Om en person öppnar en dörr eller ett fönster kan trycket ändras i byggnaden. I värsta fall kan ett undertryck skapas i ett utrymme vilket då kommer att leda till en motsatt effekt. Brandgaserna i ventilationskanalerna kommer då att strömma mot utrymmet som har ett undertryck. Hur mycket brandgaser som kan förväntas spridas mellan cellerna och hur mycket som sprids till respektive cell är mycket svårt att utreda på grund av de olika förhållanden som kan komma att uppstå. Dock kommer med största sannolikhet brandgaser att spridas och kunna orsaka allvarliga konsekvenser för intagna i andra celler. Personer i övriga celler måste då naturligtvis även de utrymmas inom kort då det är oklart hur länge det råder acceptabla förhållanden i respektive cell.

6.1.8 Känslighetsanalys

I den simulering om redovisats ovan har ingen hänsyn tagits till ventilationen. Då det är oklart hur stor inverkan ventilationen kan ha på de sikt, toxicitets samt temperaturförhållanden som simulerats har ytterligare en simulering utförts i syfte att undersöka om ventilationen har någon betydande inverkan på utfallet. Då det är självdragsventilation vid brand, har i simuleringen med ventilation, hål till det fria lagts in i korridorstaket samt cellstaket. Hålen i korridoren är till antalet sex stycken med arean 0,2*0,2 m² vardera. Hålet i cellstaket ansattes till 0,1*0,1m². De tilluftsöppningar som finns är den lucka i fasad som finns i cellen. Tilluftsluckor med sammanlagd area på 8 dm² finns även placerade i golvnivå i korridorfasaden. Öppningarna i taket anses väl tilltagna då dess storlek upp-

går till 4*6 dm², de är placerade horisontellt i tak samtidigt som de inte är utsatta för något yttre tryck från ventilationskanaler utan direkt leder till det fria. Syftet med denna simulering är att undersöka om någon för resultatet betydande mängd brandgaser kommer att leta sig ut i ventilationssystemet frånluftskanaler istället för att rökfylla korridoren (det finns vid tillfället ingen mekanisk tilluft eftersom systemet är helt avstängt vid brand).

Sikten försämrades mycket snabbt i korridoren vid öppnandet av celldörren även i simuleringen med luckor. Nedan i figur 12 redovisas en jämförelse mellan de siktförhållanden som uppstår efter 20 sekunder utan respektive med ventilationsluckor.



Figur 12 Siktförhållanden i korridoren 20 sekunder efter det att dörren öppnats utan (övre fig.) respektive med öppningar (undre fig.).

Rökfyllnad av korridoren sker snabbt i båda fallen. I fallet med ventilationsluckor i tak råder något bättre förhållanden efter 30 sekunder. I inget av fallen är utrymningssituationen acceptabel efter ca 30 sekunder då sikten vid utgången är 0 meter ner till ca 0,5 m över golvet. Skillnaden har därför ingen större betydelse. Dessutom rör det sig endast om en skillnad på ca 10 sekunder innan utrymnet är helt rökfyllt i de båda fallen.

Några större skillnader i temperaturförhållanden uppstod ej korridoren.

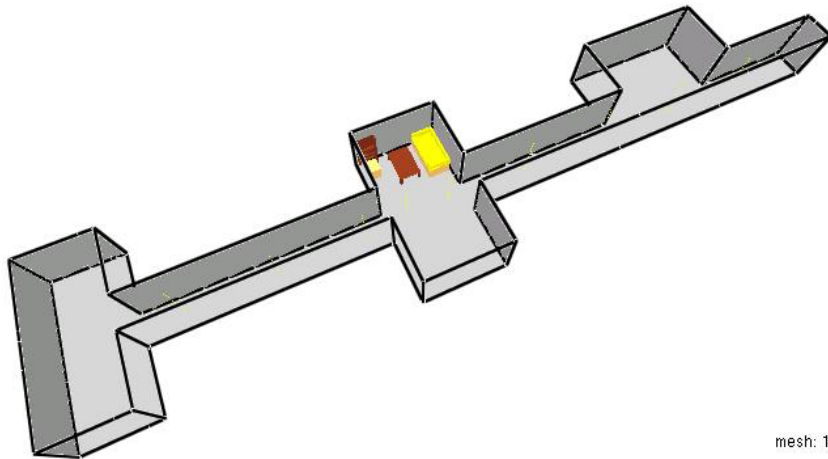
Även i celltaket placerades en öppning till det fria i syfte att undersöka om en eventuell ventilationskanal kan komma att påverka utfallet för de förhållanden som uppstår i cellen. Effekttutvecklingen i cellen påverkades inte av luckan. Branden blev ventilationskontrollerad efter det att den uppnått ca 350 kW och följde sedan samma mönster som i den simulering utan luckor i tak.

Skillnaden i toxicitet är även den obetydlig, vid jämförelse mellan syrehalt, kolmonoxidhalt samt koldioxidhalt redovisades inga variationer som påverkar resultatet.

6.2 BRAND I DAGRUM

Vid brand i dagrum kommer utrymningssituationen kraftigt att påverkas då dagrummet ligger i direkt anslutning till korridoren. Nedan i figur 13 redovisas avdelningens utformning samt de inredningsmaterial som använts vid brandsimuleringen.

Smokeview 4.01 - Aug 24 2004



Figur 13 Avdelningens utformning samt inredningsmaterial vid brand i dagrum.

6.2.1 Effektutveckling

Den effektutveckling som använts i simuleringen redovisas nedan i diagram 3. Som indatata ansattes soffans tillväxthastighet vilken motsvarar ett α -värde på cirka $0,077 \text{ kW/m}^2$. Det resterande brandförloppet simulerades av programmet vars effektutveckling stämmer väl överens med den effektutveckling som redovisats i kapitel 5.

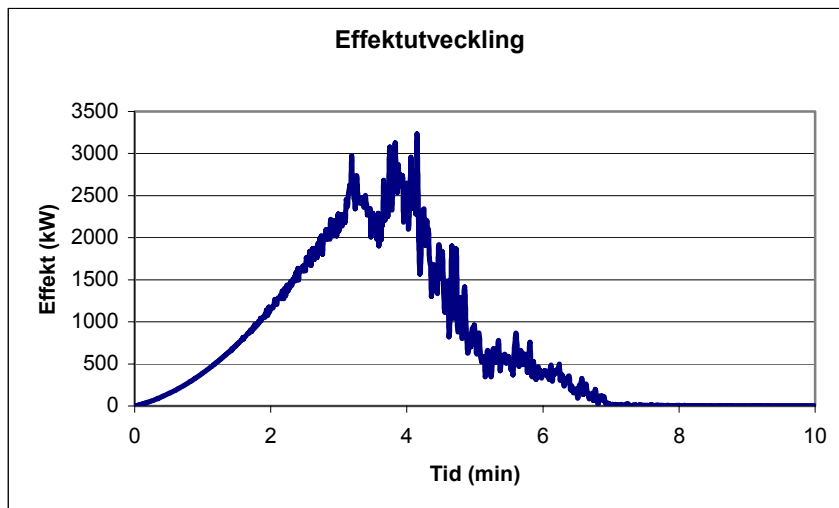
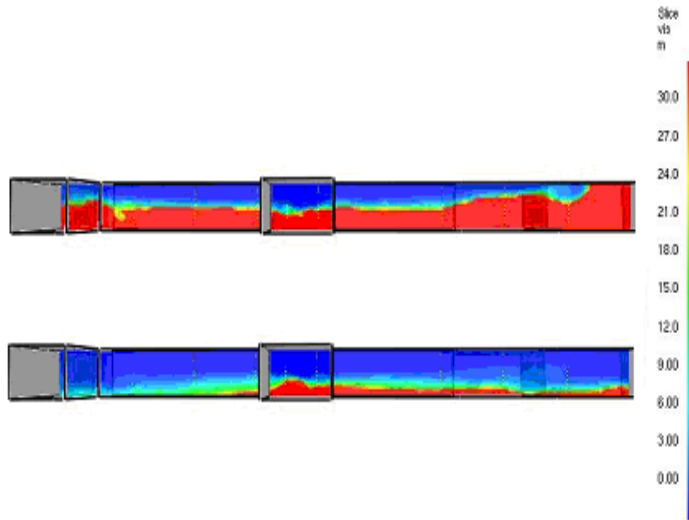


Diagram 3 Brandens effektutveckling vid brand i dagrum.

6.2.2 Sikt

Då det brinner i dagrummet kommer brandgaser obehindrat att kunna sprida sig ut i korridoren. Nedan i figur 14 redovisas de siktförhållanden som uppstår i korridoren efter 60 respektive 90 sekunder.



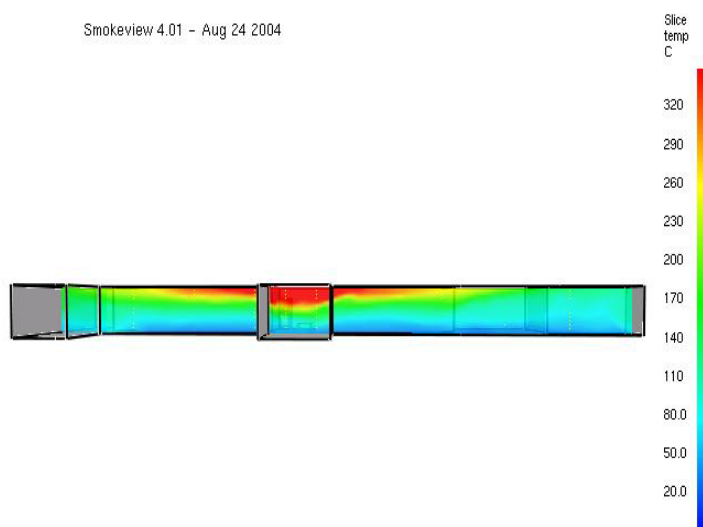
Figur 14 Siktförhållanden i korridoren efter 1 minut (övre fig.) respektive 1,5 minuter (undre fig.).

Vilket framgår av figurena kommer halva korridorens höjd vara rökfylld efter en minut och cirka 30 sekunder senare kommer sikten i princip att vara obefintlig i hela utrymmet.

Sikten kommer att vara så dålig i utrymmet att utrymning ej kommer att kunna ske efter ca 1,5 minuter.

6.2.3 Temperatur

Temperaturen i korridoren kommer efter cirka 2,5 minuter att vara runt 150°C vid halva rumshöjden, under denna höjd är det då ännu normal rumstemperatur. Temperaturen stiger därefter ytterligare och högst temperaturer uppnås efter ca 4,5 minuter vilket redovisas nedan i figur 15. Senare under brandförloppet kommer effekten att avta och därmed även temperaturen. Efter ca 7,5 minuter är temperaturen relativt homogen i utrymmet och har sjunkit till cirka 20-30°C. För vidare temperaturdata i korridoren se bilaga C.



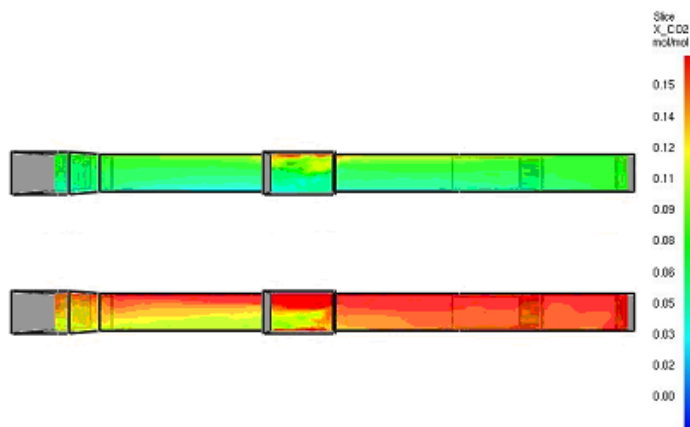
Figur 15 Temperaturen i korridoren efter ca 4,5 minuter.

6.2.4 Toxicitet

Toxiska förhållanden som är hälsovådliga kommer att uppstå i korridoren. Hur lång tid en person kommer att befinna sig i utrymmet är dock oklart. Om en utrymning går som planerat rör det sig om ett fåtal minuter men komplikationer kan komma att uppstå på grund av den dåliga sikten.

Koldioxidhalten

Efter ca 4 minuter kommer CO₂-halten i utrymmet att ha uppnått ca 6-8 % och efter ca 6,5 minuter 14-15 %, se figur 16 nedan.



Figur 16 Koldioxidhalten i korridoren efter 4 (övre fig.) respektive 6,5 (undre fig.) minuter.

Vilket nämnts ovan kan en person, om den utsätts för en koldioxidhalt på 7-8 % under 5 minuters tid eller 10 % under 2 minuters tid bli medvetlös och vid en exponering av en halt på 10 % under 5 minuters tid kan personen omkomma.³⁰

Dessa exponeringstider, 5 respektive 2 minuter, är förhållandevis långa tider om endast utrymning genom utrymmet skall ske. Vid den tidpunkt då dessa förhållanden uppstår

³⁰ Purser, D.A., Toxicity assessment of combustion products, SFPE.

(efter ca 4 respektive ca 6,5 minuter) är sikten så dålig i utrymmet att utrymning omöjligt kan ske.

Kolmonoxidhalten

Kolmonoxidhalten i korridoren under brandförloppets första 2,5 minuter är relativt låg (generellt mellan 0 ppm och 300 ppm). Efter detta ökar kolmonoxidhalten drastiskt och efter 3,5 minuter är den ca 1800 ppm i den övre halvan av rumsvolymen och ca 900 ppm i den undre halvan. Efter ytterligare 1 minut är koncentrationen i princip homogen och ligger på ca 2500 ppm. Efter sex minuter har koncentrationen uppgått till mellan 2500 och 4500 ppm.

För att en person skall bli medvetlös vid en kolmonoxidhalt på 2500 ppm krävs en exponeringstid på 12 minuter alternativt 6 minuter beroende på om personen utför lättare eller tyngre arbete, se bilaga C. Om kolmonoxidhalten uppgår till 4500 ppm krävs exponering under 6 respektive 3 minuter beroende på ansträngningsgraden. De förhållanden som kan orsaka medvetlöshet uppstår därför relativt sent under brandförloppet och förhållanden avseende sikten kommer dessförinnan att ha hunnit omöjliggöra en utrymning via korridoren.

6.2.5 Tillgänglig tid för utrymning

Sikten är den parameter som först kommer att begränsa tillgänglig tid för utrymning. Redan efter ca 1,5 minuter kommer sikten att vara i princip obefintlig i korridoren. En utrymning av intagna har troligtvis efter denna tid ej hunnit påbörjas. Om en eventuell utrymning som har hunnit att påbörjas är risken stor att den ej hinner slutföras innan dess att sikten blir 0 m. Risken finns då att personer i korridoren blir kvar i utrymmet och utsätts för allvarligt höga toxiska exponeringar.

6.2.6 Känslighetsanalys

Även vid en brand i dagrummet är det oklart hur stor inverkan ventilationen kan ha på händelseförloppet. Resultaten från jämförelsen som gavs vid cellbrandens känslighetsanalys anses ej vara direkt applicerbara på dagrumsbranden då de två händelseförloppen betydligt skiljer sig åt. Rökfyllnaden av korridoren sker inte i samma höga hastighet vid dagrumsbrand som vid cellbrand, dessutom är branden från antändningsögonblicket placerad i direkt anslutning till korridoren vid brand i dagrummet. Därför utfördes, på samma sätt som för cellbranden, en känslighetsanalys genom att placera sex öppningar á 0,2*0,2 m² i korridorstaket. Tilluftens luckor placerades i golvnivå i korridoren och utgörs sammanlagt av arean 8 dm². Jämförelser mellan de två simuleringarna redovisas närmare i bilaga C. Ventilationen, med hänvisning till jämförelsen, bedöms ej ha någon större inverkan på utrymningssituationen. Siktförhållanden som uppstår med respektive utan ventilationsöppningar redovisar i stort sett samma förlopp, likaså gäller för temperaturökningarna. Kolmonoxidhalten samt koldioxidhalten ger något skilda utfall beroende på om korridoren är ventilerad eller ej. Då sikten är den faktor som styr utrymningstiden och i princip blir 0 meter efter ca 2 minuter kommer dessa skillnader ha en ringa betydelse. Ventilationen kan dock ha en mindre betydelse för personer som eventuellt blir kvar i utrymmet på grund av den dåliga sikten vilken leder till att de ej kan fullfölja en påbörjad utrymning. Dock bedöms ventilationen utgöra en liten skillnad då det sammantaget handlar om en förskjutning av ca 0,5 - 1 minut under ca 6 till 7 minuter. Det vill säga att de förhållanden som råder med ventilation efter 7-8 minuter råder efter ca 6,5 - 7,5 minuter då det inte är medräknat någon ventilation.

7 ALTERNATIVA SYSTEM

Kapitlet kommer att behandla ett antal olika alternativ som kan öka säkerheten och förbättra utrymningsituationen.

Det finns två olika infallsvinklar när det gäller att angripa utrymningsproblemet, det ena är att minska tiden för utrymning medan det andra är att öka tiden tills allvarliga förhållanden uppstår. I nästföljande två delkapitel behandlas de två infallsvinklarna.

7.1 MINSKA TIDEN FÖR UTRYMNING

Tiden till detektion är relativt kort och effektiv, i övrigt är det naturligtvis av högsta vikt att organisationen gällande larm och agerande fungerar som det är tänkt. Det moment som tar längs tid är förflyttningen från den ena punkten till den andra. Dagtid är samtliga byggnader bemannade vilket innebär att utrymning av en cell skulle kunna ske på ett snabbt sätt. Intagna kan ofta då också själva ta sig ut på rastgården om det inte befinner sig i en isoleringscell/isolerad avdelning då branden startar. På kvällstid kan det dock i värsta fall ta upp till fyra minuter innan personal är på plats och kan börja den direkta utrymningen av cellen. Personen som befinner sig i cellen som brinner skall vara utrymd inom 2 minuter. En simulering, vilken redovisas i bilaga D, utfördes då celldörren öppnades efter 2 minuter. Personalen kommer då att kunna öppna celldörren utan att utsättas för några större temperaturökningar eller eventuella flammor som slår ut från dörröppningen. Dock kommer även nu korridoren att rökfyllas inom en kort tid vilket innebär att utrymning av resterande celler omöjliggörs på grund av den dåliga sikten. Detta kan förhindras genom att personalen stänger dörren in till cellen efter det att den intagne utrymts. Övertrycket som råder i rummet då dörren öppnas efter 2 minuter är lägre än vad det är i fallet då dörren öppnas efter 4 minuter. Detta kan bland annat utläsas genom de lägre temperaturer som råder i utrymnet. Ju högre temperaturen är desto högre tryck råder. Vid fallet då dörren öppnas efter 4 minuter kommer flammor att slå ut genom öppningen och heta brandgaser välla ut i den övre delen. Detta medför att det inte bara på grund av hög temperatur och varma flammor blir svårt att stänga dörren utan även på grund av det höga tryck som uppstår.

På frågan hur organisationen skall utformas för att uppnå en utrymningstid på maximalt två minuter finns inget enkelt svar. De utrymningsmoment från vilka tid enklast kan vinnas är gångavståndet samt lokalisering av aktuell cell. Ett alternativ är att larmet i centralvakten direkt indikerar vilken cell som brinner, denna tidsvinst anses dock relativt liten. Gångavståndet som uppgår till 360 meter är en mycket lång sträcka, speciellt då den skall avverkas utomhus. Att två ur personalstyrkan på sju personer sover bidrar till den längre insatstiden. Dessa personer hinner ej komma till platsen före de personer som är vakna och går på rond. De skall först vakna, registrera vad som skett, ta på sig etc. Dessa moment tar tid, en jämförelse kan göras med räddningstjänsten vilka har en anspänningstid på 90 sekunder från det att larm inkommer till dess att de skall lämna stationsbyggnaden. Den tid som finns att distribuera efter det att larmet aktiverats och inkommit till centralvakten är ca 1,5 minuter. En rutinerad organisation samt ett snabbt agerande är därför avgörande. Kontinuerliga övningar, såväl praktiska som teoretiska, samt tillräcklig bemanning är de faktorer som avgör huruvida en utrymning kan ske på ett säkert sätt med den byggnadsutformning som finns i dagsläget.

7.2 ÖKA TIDEN TILL ALLVARLIGA FÖRHÅLLANDEN

7.2.1 Cellbrand

För att öka tiden tills allvarliga förhållanden uppstår kan olika brandtekniska installationer användas. Ett alternativ som frekvent används är installation av sprinkler. Sprinklern måste dock vara utformad så att endast det sprinklerhuvud som sitter i den berörda cellen aktiveras då aktivering av samtliga sprinkler inom en avdelning skulle medföra stora och onödiga vattensador. Då det på anstalter råder viss skadegörelse kan denna typ av installation anses olämplig. Det finns dock alternativ till det vanliga sprinklersystemets aktiveringsteknik. Ett vanligt sprinklerhuvud fungerar på så sätt att en glasbulb eller ett smältbleck går sönder/smälter på grund av den ökade temperaturen i rummet. Det alternativ som finns för denna typ av byggnad skulle istället kunna vara manuell aktivering av sprinklern för att undvika skadegörelse. För att ytterligare undvika onödiga skador kan även ett torrörssystem användas. I detta fyller inte vattnet rörledningen hela vägen ut till sprinklerhuvudet utan rinner ut i systemet först då sprinklern aktiverats. Sprinklern skulle förslagsvis kunna aktiveras från centralvakten. En manuell sprinkler kommer tidigast att aktiveras först då detektorn aktiverats och uppmärksammat personalen i centralvakten det vill säga efter ca 0,5 minuter. Använder anstalten då torrörssprinkler kommer aktiveringen att fördröjas något. En sprinkler som installerats i en cell förutsätts vara dimensionerad med tillräcklig kapacitet så att en brand på ca 500 kW kommer att släckas inom loppet av 1 minut efter aktivering. Detta skulle innebära att personen i cellen ej kommer att utsättas för allvarliga förhållanden under den tid det tar för personal att ta sig till platsen. Dessutom kommer inte den snabba rökfyllnad av korridoren ske som hindrar utrymning från omkringliggande celler. Övriga celler kommer då troligtvis ej att behöva utrymmas då branden eliminerats och vidare produktion av brandgaser upphört. En sådan lösning skulle troligtvis ha förhindrat de svåra konsekvenser som följde branden på Sigfridsområdet där intagna omkom på grund av spridningen av brandgaser. Det bör dock tilläggas att sprinklern kan felfunkera och systemet ej är tillförlitligt till 100 % men sannolikt kommer branden att släckas.

Då öppning av celldörren sker väller det ut brandgaser från cellen och därmed förhindras utrymning av övriga celler. Då cellerna i dagsläget ej är utförda i egna brandceller kan rökspridning ske via dörrspringor, ventilation och övrigt läckage in i andra celler och medföra konsekvenser för övriga intagna om de ej hinner utrymmas. För att skydda övriga intagna kan cellerna utföras i egna brandceller. Om en cell utförs i klass EI 30 innebär detta att en person som befinner sig i utrymmet är säker under minst 30 minuter. Det kan här påpekas att på de hotell som byggs idag ställs kravet att hotellrummen skall vara utförda i skilda brandceller³¹. Detta anses vara ett rimligt krav att även ställa på slutna anstalter då det även här råder ovisshet om vad som sker i angränsade celler samtidigt som personer i en sluten anstalt dessutom ej kan utrymma på egen hand.

För att undvika den snabba rökfyllnaden av korridoren skulle ett alternativ vara att ha öppningsbara fönster från cellerna. Fönstren skulle då vara låsta och öppningsbara från utsidan, på samma sätt som dörren. Detta skulle innebära att korridoren ej skulle rökfylas vid utrymning av cellen vilket medför att övriga intagna kan utrymmas under acceptabla förhållanden. Lösningen är dock något svår att genomföra om utrymning skall ske från våningar ovan markplanet. Huruvida fasadstege eller annan anordning skulle påverka rymningsrisken har ej utretts. Dock bör ej rymningsrisken öka på grund av detta

³¹ Boverket, Boverkets byggregler, BBR

då fönster på våningar över markplan naturligtvis skulle hållas låsta precis som fönster i markplanet.

7.2.2 Brand i dagrum

Vid en brand i dagrummet kommer korridoren snabbt att rökfyllas vilket innebär att utrymning av cellerna omöjligt hinner ske inom rimlig tid. Den lösning som anses rimlig och mest enkel är att placera dagrummet i en egen brandcell. Då korridoren fungerar som passage till enda utrymningsväg anses det direkt olämpligt att placera ett dagrum med brännbart material i direkt anslutning till denna.

8 SLUTSATS OCH DISKUSSION

Följande kapitel behandlar de resultat och slutsatser som dragits från simuleringar och beräkningar samt ger råd och rekommenderade åtgärder. Även de osäkerheter som föreligger tas upp.

De lagar som finns inom området är uteslutande BBR 10 kap 5, Brandskydd. Denna text behandlar dock aldrig slutna anstalter som sådana utan nämner närmast vårdanläggningar och hotell. Vilken av dessa definitioner som ligger närmast är svårt att säga. Anstalten är en vårdanläggning i den bemärkelsen att vård bedrivs i verksamheten, ytterligare en likhet är att personer ej kan utrymma på egen hand. Men anstalter har även viss likhet med hotell. Intagna bor i sina celler och är mer eller mindre ovissa om vad som sker i angränsande celler. De har troligtvis en bättre lokalkännedom men å andra sidan har de naturligtvis ingen som helst möjlighet att själva ta sig ut. De rekommendationer som utgetts av Specialfastigheter och Kriminalvården ökar kraven gentemot vad BBR säger om vårdanläggningar och byggnaders brandtekniska utformning. Rekommendationerna inleds med ett antal förutsättningar vilka i dagsläget troligen ej uppfylls, bland annat sägs att *"God planering och kontinuerliga brandövningar gör att utrymning kan ske inom kort tid även när de boende är inlåsta på sina rum"*³². Denna förutsättning bedöms, med hänsyn till utfört platsbesök, ej vara uppfyllt. Vidare i texten står att brandgasspridning mellan boenderum avsevärt skall försvåras, vilket ej anses vara uppfyllt med endast självd-ragsventilation.

Branden på Sigfridsområdet den 1 augusti 2003 medförde två omkomna samt ett flertal skadade³³ och visar tydligt vikten av utbildning och rutin. Personalen måste vara medveten om de scenarion de kan mötas av samt vara medvetna om var brandredskap är placerade och hur de fungerar. Byggnadens brandtekniska installationer kan vara en hjälp vid utrymningen men utrymningssituationen är i slutändan beroende av personalen då det är de som öppnar utrymningsvägen. Ytterligare en faktor som har stor betydelse är valet av inredningsmaterial då detta till stor del styr brandförloppet.

Om en cellbrand skulle inträffa under de förhållanden som förutsatts i scenariot skulle detta troligtvis innebära dödsfall samt omfattande skador hos såväl personal som intagna. De förhållanden som uppstår i cellen kräver att en person skall utrymmas inom två minuter efter det att branden startat för att personen ej skall förväntas bli medvetlös. Om tiden tills utrymning sker uppgår till fyra minuter, vilket inte är det mest sannolika fallet men ändå ett troligt scenario, omkommer troligtvis personen i cellen och när personalen öppnar celldörren möts de av flammor som slår ut i dörröppningen. Den personal som öppnar dörren efter 4 minuter riskerar då att bli allvarligt skadad om detta utförs på fel sätt. Flammor kommer att slå ut i den övre delen av öppningen och troligtvis kommer dörren att hastigt slå upp på grund av övertrycket som bildas i brandrummet. Personal bör därför ha en låg ställning då öppning sker av dörren och bör ej heller vara placerade bakom dörren. Båda i personalen bör ej heller stå precis bredvid varandra om det skulle inträffa någon olycka. Huruvida det kan begäras av kriminalvårdens personal att de skall arbeta under dessa förhållanden är en viktig fråga. De förhållanden som uppstår/råder vid denna tidpunkt är allvarliga för personalens säkerhet. Under de förhållanden som råder skall personer som redan borde vara utrymda ur byggnaden fortsätta att arbeta. Det arbete som personalen skall utföra utförs normalt av brandmän. Personalen

³² Kriminalvårdsstyrelsen och Specialfastigheter Sverige AB, Slutna anstalter

³³ Arbetsmiljöinspektionens utredning, Brandolycka på Sigfridsområdet den 1 augusti 2003.

bör upplysas om vilka förhållanden de kan komma att träffa på vid ett brandtillbud. Utbildning spelar därför en mycket viktig roll i detta sammanhang. En person som inte är det minsta förberedd på vad som kan komma att inträffa har naturligtvis sämre förutsättningar att agera på ett effektivt sätt än någon som besitter en utbildning inom området. Att öppna dörren efter 4 minuter, om branden utvecklats på så sätt som simulerats, och dessutom bege sig in i cellen för att utrymma en intagen utan varken skyddsutrustning eller utbildning anses olämpligt och direkt farligt.

Efter det att personen i brandrummet utryms, om det överhuvudtaget är möjligt, kommer övriga celler inom avdelningen ej att kunna utrymmas på grund av den dåliga sikt som uppstått i korridoren. En annan lösning måste därför nyttjas då de förhållanden som råder i dagsläget ej är acceptabla. Om en utrymning av cellen kan ske inom två minuter har personen i cellen goda chanser att klara sig välbehållen. Då det tog ca 30 sekunder för en detektor att aktiveras innebär det att personal måste vara på plats inom 1,5 minuter efter det att larm inkommit till centralvakten. Chanserna att stänga dörren efter utrymning av personen i brandrummet är nu mycket större, den värmeutveckling och tryckökning som sker om dörren öppnas efter 2 minuter är mycket lägre än då dörren öppnas efter 4 minuter. Övriga intagna måste dock utrymmas snabbt även om dörren stängs, men detta kan nu ske under mycket säkrare förhållanden.

Då brandgasspridning kan ske via ventilation, dörrspringor och normalläckage under lång tid (utrymning via korridor är i princip omöjlig innan Räddningstjänst kommit på plats) kan inte övriga interners säkerhet säkerställas och cellerna rekommenderas därför att utföras i egna brandceller.

Det finns ett antal alternativa system som kan underlätta utrymningssituationen. Sprinkler kan installeras i byggnaden. Då det förekommer en del skadegörelse inom verksamheten är ett alternativ torrörssprinkler som aktiveras, i den berörda cellen, manuellt från centralvakten. Det finns sprinklerhuvuden som ligger infällda i taket och faller ut vid aktivering. Dessa sprinkler skulle då dimensioneras för att släcka en cellbrand och därmed medföra att personal, personen i cellen som anlagt branden samt övriga intagna med största sannolikhet skulle klara sig oskadda. Utrymning av cellen skulle kunna ske via från utsidan öppningsbart fönster. Detta skulle medföra att rökspridningen till korridoren till stor del hindras vilket underlättar och möjliggör utrymning från andra celler.

Dagrummet som är placerat i direkt anslutning till korridoren, vilken fungerar som enda passage till utrymningsväg, utgör en möjlig brandkälla som medför att avdelningen ej kommer att kunna utrymmas under acceptabla förhållanden. Dagrummet bör därför utföras i egen brandcell.

Det är mycket svårt att säga hur representativ den besökta anstalten är för det generella fallet, skillnader finns gällande gångavstånd, byggnadens utformning, personalens utbildning mm. Ovan utförd simulering gällande brand i cell kan dock rimligen överföras till många liknande anstalter då celler har en relativt snarlik utformning oavsett vilken anstalt som berörs. De förhållanden som uppstår i cellen under de första minuterna är därför troligen desamma. Den avgörande skillnaden är naturligtvis tiden till dess att celldörren öppnas. Ett riktmärke är att cellen skall vara utrymd inom maximalt två minuter.

Det bör poängteras att en analys av detta slag innehåller osäkerheter. De tider som ansatts och använts är naturligtvis inte identiska med verkligheten. Som resultatet föll ut visade det sig att det egentligen inte har någon större betydelse vilken av de toxiska parametrarna som uppnår kritiska koncentrationer först då samtliga inföll efter ca 2 min. Mer exakt tider än så är svårt att ge i detta sammanhang. Förvisso har det redovisats tider tills dess att kritiska koncentrationer uppnås med 0,2 minuters intervall men detta då för att påvisa att det snarare är efter 2 och inte efter 3 minuter som läget blir kritiskt. Dessa osäkerheter bedöms ej påverka resultatet i någon större utsträckning då skillnaden mellan tid till allvarliga förhållanden och tid till påbörjad utrymning av cellen uppgår till så mycket som 2 minuter. Vad det gäller branden i dagrummet har ingen tidsskillnad beräknats på samma sätt eftersom det förefaller självklart att personalen ej hinner utrymma en hel avdelning under loppet av ca 1-1,5 minuter.

9 REFERENSLISTA

Appendix C, "Heat Transfer Data", tabell C2, ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 1995.

Arbetsmiljöverket, *Arbetsmiljöinspektionens utredning Brandolycka på Sigfridsområdet den 1 augusti 2003*, Arbetsmiljöinspektionen, Växjö, 2003.

Boverket, *Boverkets byggregler, BBR*, Karlskrona, 2002.

Drysdale, D., *An Introduction to Fire Dynamics 2nd edition*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 2002.

Drysdale, D., "Thermochemistry", ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 1995.

Erlandsson, U., *Undersökningsprotokoll Brand i slutenvårdavdelning för svårt psykiskt sjuka Sigfridsklinikerna*, Växjö, Räddningsverket, Karlstad, 2003.

Frantzich, H., "Mänskligt beteende i samband med utrymning" ur Bengtsson et.al. *Brand-skyddshandboken*, Rapport 3117, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002.

Hermelin, J. et.al., *Lagen om skydd mot olyckor beskrivningar och kommentarer*, Svenska Brandskyddsföreningen, Stockholm, 2004.

Holmstedt, G., Kaiser I., *Brand i vård bäddar*, Statens Provningsanstalt, brandteknik, Borås, SP-Rapport 1983:04, 1983

Karlsson, B., Quintiere J.G., *Enclosure fire dynamics*, CRC Press, Boca Raton, 2002.

Kriminalvården, Specialfastigheter Sverige AB, *Slutna Anstalter Referens och erfarenhetsdokumentation för utformning av slutna anstalter*, 2004.

McCaffery, B., "Flame Height", ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 1995.

Purser, D.A., "Toxicity Assessment of Combustion Products" ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 3rd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 2002.

Purser, D.A., "Toxicity Assessment of Combustion Products" ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 1995.

Räddningsverkets insatsstatistik 1996-2002, Räddningsverket

Schifiliti, R.P., et al. "Design of detection systems", ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 1995.

Särdqvist, S., *Initial Fires*, Report 3070, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1993.

Tewarson, A., “*Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires*”, ur Society of Fire Protection Engineers (SFPE), *The SFPE Handbook of fire protection engineering 2nd edition*, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, 1995.

BILAGA A

Handberäkningar

BRANDENS SYRETILLGÅNG

I följande kapitel beräknas hur stor effektutveckling som kan uppnås innan branden blir ventilationskontrollerad.

Brand i cell

Beräkning för att visa när en brand i en cell blir ventilationskontrollerad vid öppen respektive stäng dörr.

Frigörelsen av energi vid förbränning, oavsett bränsle, anses vara konstant per kilogram syre som deltagit i förbränningsprocessen. Denna konstant uppskattas till 13,1 MJ/kg.³⁴

Den brandeffekt som kan uppstå i rummet beräknas genom att först bestämma massflödet luft och därigenom även massflödet syre för att sedan kunna omsätta detta i mängd energi som frigörs.

Det syreflöde som finns via öppningar i en cell, då dörren är stängd, är kraftigt begränsat. Den enda öppning som finns är en vädringslucka, i storleksordningen 0,05 m², som sitter bredvid fönstret. Den maximala effektutveckling som kan alstras med hjälp av öppningar till det fria beräknas på följande sätt:

$$m_a = 0,5 * A \cdot \sqrt{H_0} \quad (\text{vid rumstemperatur}) \quad (\text{ekv. 1})$$

m_a = massflöde luft (kg/s)

A = öppningsarea (m²)

H_0 = öppningshöjd (m)

Luft innehåller 23 vikt % syre och massflödet syre ges därför på följande sätt.

$$m_{O_2} = m_a * 0,23 \quad (\text{ekv. 2})$$

m_{O_2} = massflöde syre (kg/s)

Detta leder till en maximal effektutveckling där

$$Q_{\max} = 13,1 * m_{O_2} \quad (\text{ekv. 3})$$

Q_{\max} = Effektutveckling (MW)

I det aktuella fallet är $A = 0,05 \text{ m}^2$ och $H_0 = 0,5 \text{ m}$.

Detta innebär att en maximal effektutveckling på 53 kW, med avseende på syretillgång från det fria, kan uppnås.

Därtill måste dock det syre som tillkommer på grund av ventilationen adderas. Luftflödet är 20,8 l/s i en cell i den aktuella byggnaden. Densiteten för luft är 1,2 kg/m³ vid rums-

³⁴ Karlsson, B och Quintiere, J. Enclosure fire dynamics.

temperatur. Det innebär att massflödet luft via ventilationen är 0,025 kg/s. Effektutvecklingen som kan alstras på grund av ventilationen kan därför uppgå till 80 kW. Läckage på grund av springor etc. kommer endast att ha en liten påverkan på grund av dess ringa storlek i sammanhanget.

Den sammanlagda möjliga effektutvecklingen blir därför ca 130 kW i en cell med stängd dörr förutsatt att allt syre förbrukas som kommer in i rummet. Rimligtvis kommer ej allt syre som tillkommer att förbrukas till 100 % på grund av omblandningen mellan övre och undre brandgaslagret i rummet, brandgaser som tränger undan syret till viss del, syre som ej når det brännbara området på grund av flammans turbulens etc. Hur mycket syre som förbrukas är osäkert, ett rimligt antagande anses dock vara att ca 70 % av tillkommet syre förbrukas. Effekten uppskattas därför till ca 90 kW.

Då det dimensionerade scenariot kommer att uppnå en relativt låg maximal effekt med avseende på ventilationsförhållanden kan det syreinhåll som finns i rummet initialt påverka effektutvecklingen då det förbrukas i branden.

För att en flambrand skall kunna existera får ej syrehalten i rummet understiga ca 10-15 %³⁵. För att kunna bedöma hur brandförloppet kan komma att se ut beräknas det överskott syre som finns i rummet initialt vilket kan förbrukas i början av brandförloppet. Det anses dock ej troligt att 100 % av överskottet syre kommer att förbrukas i brandförloppet men en del av syret kan innebära att branden kommer att nå en högre effekt än de 130 kW som beräknats ovan. Hur stor del av syret som kommer att förbrukas är osäkert men i beräkningarna har antagandet gjorts att ca 70 % av överskottet kommer att förbrukas, se resonemang ovan.

Den massa syre som rummet innehåller från början om det skulle vara hermetiskt tillslutet beräknas genom följande ekvation:

$$m_{O_2} = V * \rho_{luft} * 0,23 \quad (\text{ekv. 4})$$

V = volymen (m³)

ρ_{luft} = densiteten för luft (kg/m³)(1,2 kg/m³ vid 20°C)

Massan syre som finns i rummet initialt blir därför 4,14 kg. Massan 4,14 kg motsvarar en halt på 21 %. Det innebär att halten vid 12 % är 2,37 kg. Den massa av överskottet som förbrukas blir därför 70 % av 1,77 kg (4,14-2,37), det vill säga 1,24 kg.

Den energi som kan avges vid närvaro av 1,24 kg syre är 16,3 MJ.

Om sambandet $\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$ (ekv. 3) integreras fås energiavgivningen som en funktion av tiden

$$Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3}. \quad (\text{ekv. 5})$$

³⁵ Purser D. A., Toxicity assessment of combustion products, SFPE.

Med ett α -värde hos branden som till en början är 0,036 kW/m² och efter det att madrassen antänt 30 s senare ökas med det α -värde (0,003 kW/m²) som madrassen tillväxer enligt (superpositionsprincipen) kan med hjälp av ekv. 3 och 5 den tid som branden tillåts växa beräknas.

$$Q = \int_0^t \alpha_1 t^2 + \int_0^{t-30} \alpha_2 t^2$$

där α_1 = tillväxthastigheten för papper och kläder (kW/s²)

α_2 = tillväxthastigheten för madrassen (kW/s²)

$$16300 = \int_0^t 0,036 * t^2 + \int_0^{t-30} 0,003 * t^2 =$$

$$\left[\frac{0,036 * t^3}{3} \right]_0^t + \left[\frac{0,003 * t^3}{3} \right]_0^{t-30} =$$

$$\frac{0,036 * t^3 + 0,003 * (t - 30)^3}{3} \Rightarrow$$

$$t = 110s$$

Vid tiden 110 s har effektutvecklingen 430 kW uppnåtts.

Branden bedöms därför växa till 430 kW för att sedan avta och sjunka till ca 90 kW.

Då dörren till cellen öppnas kommer branden att få ökad syretillgång. En öppning med arean 2 m² medför att en effekt på 4,3 MW kan uppstå, om bränsletillgången tillåter, innan branden åter blir ventilationskontrollerad.

Brand i dagrum

På samma sätt som ovan beräknas den maximala effekt som kan uppstå i dagrummet, öppningen i detta fall är 2 dörrar á 2 m². Ventilationen bortses det från i detta fall då den har en obetydlig påverkan.

Ekvation 1 ger massflödet luft:

$$\dot{m}_a = 2 * (0,5 * 2 * \sqrt{2}) = 2,83kg / s$$

Ekvation 2 ger massflödet syre:

$$\dot{m}_{o_2} = 0,23 * 2,83 = 0,65kg / s$$

Ekvation 3 ger den maximala effektutvecklingen:

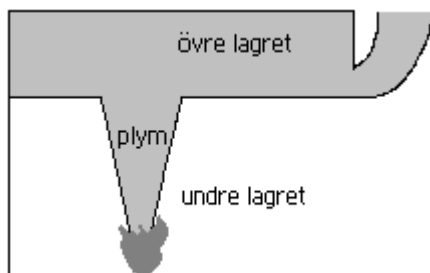
$$\dot{Q}_{max} = 13,1 * 0,65 = 8,5MW$$

BILAGA B

Simuleringar i CFAST 3.17

ALLMÄNT OM PROGRAMMET CFAST 3.17

Programmet CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport Model) är framtaget av NIST (National Institute of Standards and Technology) i Washington DC och är en del av HAZARD 1. Programmet är en tvåzonsmodell som används för att beräkna brandtillväxt och brandgasspridning för en specifik brand. Faktorer såsom temperatur, strålning och brandgaslagrets höjd är parametrar som kan beräknas. En tvåzonsmodell innebär att den aktuella lokalen delas in i två homogena horisontella lager, ett övre lager samt ett undre lager, se figur 17. All förbränning som sker i rummet antas ske i det undre lagret. I det övre lagret sker spridningen av brandgaser momentant i rummet.



Figur 17 Tvåzonsmodellen

De indata som krävs är rumsgeometri, brandens tillväxthastighet, byggnadens konstruktionsmaterial, tryck och temperatur innanför och i byggnaden samt ventilations förhållanden. Användaren kan om så önskas reglera öppningar under brandförloppets gång. Effektutvecklingskurvan kan matas in manuellt alternativt anges tillväxthastighet (slow, medium, fast eller ultrafast) samt under hur lång tid branden skall tillväxa, brinna konstant respektive avta för att slutligen slockna.

De utdata som ges av programmet är bland annat temperaturen i övre och undre lagret, brandgaslagrets höjd, trycket i rummet, syrehalten, CO₂-halten etc.

Då programmet är uppbyggt med en tvåzonsmodell medför detta även ett antal begränsningar. Övre och undre lagret förutsätts vara homogena och lika höga över hela rumsvolymen vilket ej alltid är en beskrivning av verkligheten. Brandgaslagret är i realiteten varmare närmare källan. Längre bort har det övre lagret svalnat något och breder därför ut sig mer i höjddled på grund av att den termiska stignakraften ej längre är lika stark. Programmet fungerar därför bättre vid en stor brand i en stor volym eller vid en mindre brand i en mindre volym, det vill säga då det är troligt att en tvåzonsskiktning uppstår. Simulering av brandspridning i korridorer är därför ej lämpligt. Ytterligare en begränsning är att rumsgeometrin måste vara rätvinklig vilket kan medföra ett antal förenklingar. Om sprinkler skulle medtagas i simuleringen kommer denna ej i programmet att påverka brandgaslagrets höjd på något annat sätt än genom att effektutvecklingen minskar. I verkligheten kommer vattnet att röra om brandgaslagret med det undre lagret och tvåzonssiktningen kommer mer eller mindre att upphöra beroende på vilken storlek branden har vid sprinkleraktivering samt vilken släckkapacitet sprinklern har. Vattnet som avges från sprinklern kommer även att kyla brandgaserna vilket gör att även den termiska stignakraften minskar.

Brand i cell

För att verifiera valet av effektutvecklingskurva utfördes en simulering i CFAST 3.17 där cellens dimensioner ($3 \times 2 \times 2,5 \text{ m}^3$) samt arean på öppningen ($0,1 \times 0,5 \text{ m}^2$) matades in. Den effektutvecklingskurva som användes som indata manipulerades ej med hänsyn till ventilation etc. Den parameter som användes var endast tillväxthastigheten, dvs. α -värdet som de första 30 s var $0,036 \text{ kW/m}^2$ (tillväxthastighet för papper och kläder) och efter det att madrassen antänts $0,039 \text{ kW/m}^2$ (sammanlagd tillväxthastighet för papper, kläder samt madrass). Även en detektor placerades i celltaket för att utreda tiden till detektoraktivering vilken uppgick till ca 30 s.

Nedan i diagram 4 redovisas den effektutvecklingskurva som simulerades fram. I diagram 5 redovisas den effektutvecklingskurva som tagits fram som anses representera scenariot brand i cell. En jämförelse visar att de båda stämmer väl överens.

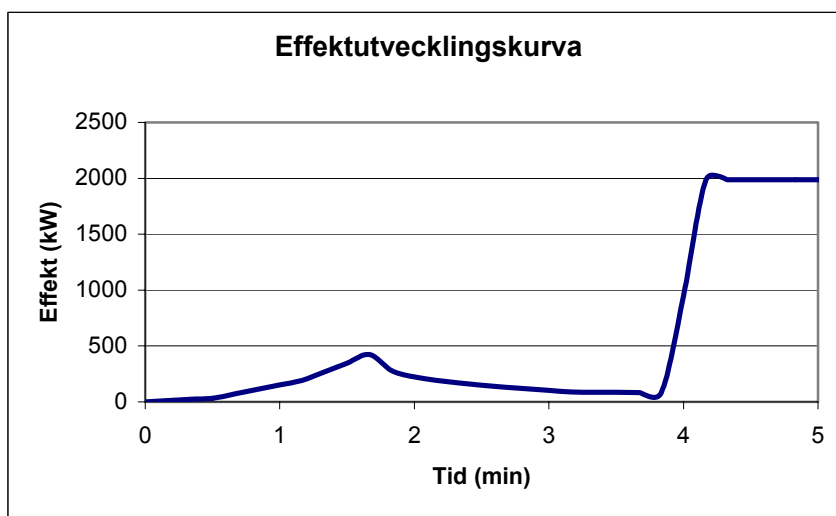


Diagram 4 Effektutvecklingskurva som simulerats fram i CFAST vid brand i cell.

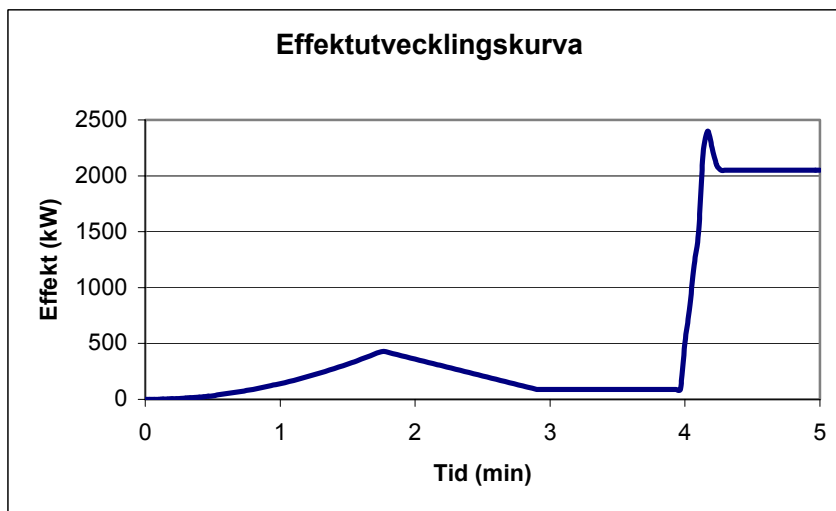


Diagram 5 Effektutvecklingskurva vid brand i cell.

Brandgaslagrets höjd

Brandgaslaget sjunker snabbt under brandförloppets första minuter oavsett brandens tillväxthastighet. Nedan i diagram 6-8 redovisas brandgaslagrets höjd i cellen som funktion av tiden vid en simulering av en slow-, medium- respektive fast- brand i syfte att påvisa att den kritiska höjden understigs mycket snabbt oavsett brandens tillväxthastighet.

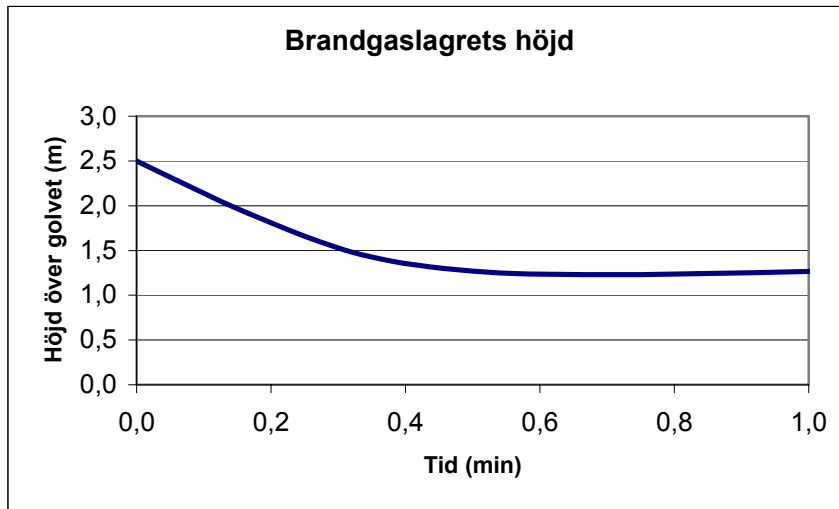


Diagram 6 Brandgaslagrets höjd över golvet vid en brand med slow tillväxthastighet.

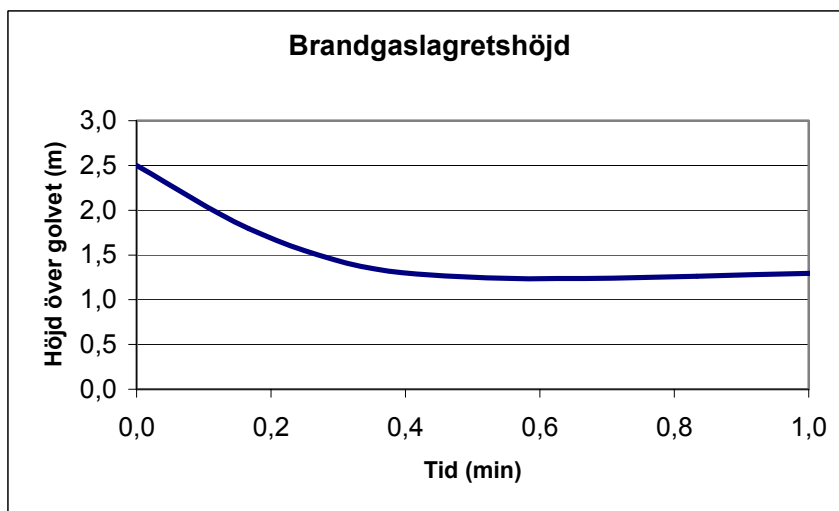


Diagram 7 Brandgaslagrets höjd över golvet vid en brand med medium tillväxthastighet.

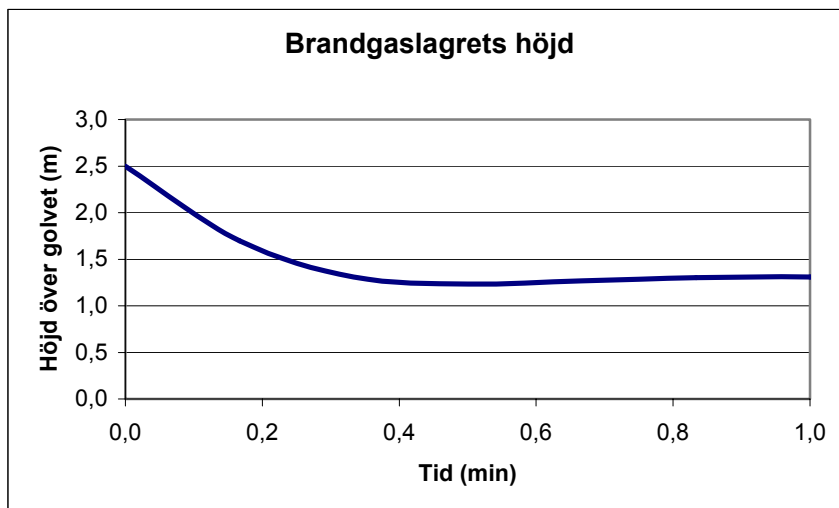


Diagram 8 Brandgaslagrets höjd över golvet vid en brand med fast tillväxthastighet.

Utrymning kommer därför omöjligt att hinna ske innan höjden 1,8 m understigs då detta sker inom ca 0,5 minuter oavsett vilken tillväxthastighet branden har.

BILAGA C

Beräkning av tid till allvarliga
förhållanden med hjälp av
FDS 4

ALLMÄNT OM PROGRAMMET FDS

Fire Dynamics Simulator (FDS) är en Computational Fluid Dynamics (CFD) modell. Programmet är utvecklat av NIST (National Institute of Standards and Technology). Programmet används för att simulera brandflöden. FDS löser numeriskt kontinuitetsekvationerna för massa, rörelse och energi.

Vid användande av programmet delas rumsvolymen upp i mindre kontrollvolym av varierande storlek. Programmet löser sedan kontinuitetsekvationerna för respektive kontrollvolym som funktion av tiden. Utdata som sedan kan ges är effektutveckling, toxicitet, sikt, temperatur mm. För ytterligare information och teori bakom programmet hänvisas läsaren till *Fire Dynamics Simulator (Version 4) Technical Referens Guide*, Mc Grattan Kevin, NIST Special Publication 1018 samt *Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's Guide*, McGrattan K. & Forney, G., NIST Special Publication 1019.

Indata

En databas innehållande ett antal olika material samt dess brandegenskaper medföljer vid installation av programmet. I denna finns en del material med tillhörande egenskaper inlagda. Användaren kan själv lägga in egna material i databasen efter behov. I fallet som simulerats med cellbrand har materialet cellulosa (representerar kläder och papper) lagts in i databasen då detta material är brandkälla i simuleringen och initialt ej finns med i databasen. Parametrar som skall/kan matas in är bland annat variabler från reaktionsformeln vid stökiometrisk förbränning, sotproduktionen vid förbränning mm. De indata som använts vid *cellulosa* inmatningen är följande:

Kemisk formel	$C_6H_{10}O_5$
Sotpotential (för trä)	0.0115 g/g ³⁶
Antal mol O ₂ som bildas vid stökiometrisk förbränning av 1 mol C ₆ H ₁₀ O ₅	6
Antal mol CO ₂ som bildas vid stökiometrisk förbränning av 1 mol C ₆ H ₁₀ O ₅	6
Antal mol H ₂ O som bildas vid stökiometrisk förbränning av 1 mol C ₆ H ₁₀ O ₅	5
Molekylvikt	162,14 g/mol ³⁷
Avgiven energi vid förbränning av 1 g O ₂	13,59 kJ/g ³⁸
Förbränningsvärme ΔH_c	16,09 kJ/g

Även polyuretanskum, vilket madrassen består av, har matats in i databasen. De variabler som använts är följande:

Densitet	38 kg/m ³ ³⁹
----------	------------------------------------

³⁶ Tewarson, A., Generation of heat and chemical compounds in fires, SFPE.

³⁷ Appendix C tabell C 2, SFPE

³⁸ Drysdale D. D., Thermochemistry, SFPE.

³⁹ Enligt information från tillverkaren

Effektutveckling per kvadratmeter	420 kW ⁴⁰
Tid till 420 kW uppnås (α -värde 0,003 kW/s ²)	370 s
Förbränningsvärme ΔH_c	25 kJ/g ⁴¹

Rumsgeometrin samt kontrollvolymstorleken anges i koordinatform respektive antal. Omslutande ytors material kan anges och har ansatts till betong. I övrigt har inredningen i cellen specificerats och placerats ut i simuleringen.

⁴⁰ Holmstedt G., Kaiser I., Brand i vårbäddar.

⁴¹ Tewarson, A., Generation of heat and chemical compounds in fires, SFPE.

BRAND I CELL

Effektutvecklingskurva

Papprets och klädernas tillväxthastighet, madrassens tillväxthastighet, madrassens tid till antändning samt tiden då dörren öppnas angavs i indatafilen till simuleringen av cellbranden. Resterande brandförlopp simulerades i programmet. Nedan i Diagram 9 redovisas den fullständiga effektutvecklingskurva som legat till grund för utdata från simuleringen. Denna effektutveckling stämmer väl överens med den effektutveckling som redovisats i kapitel 5 då branden blir ventilationskontrollerad efter ca 1,5 min varefter effektutvecklingen avtar för att sedan öka drastiskt då celldörren öppnas.

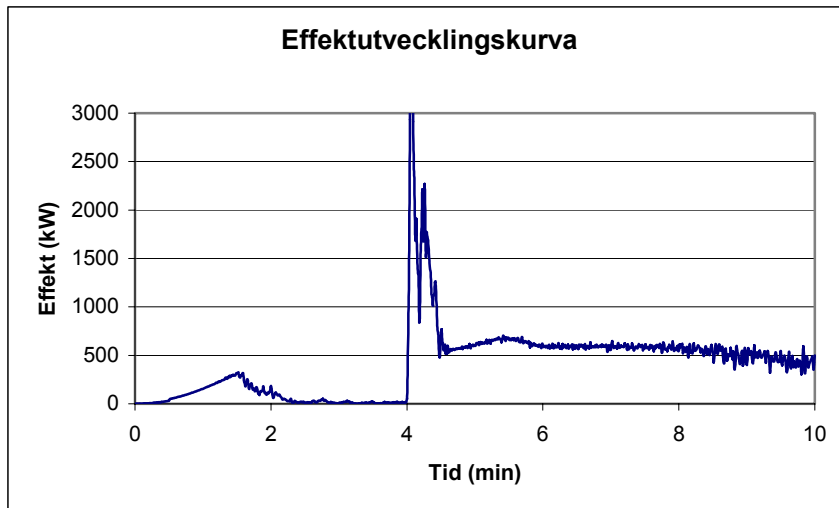


Diagram 9 Effektutvecklingskurva från FDS simulering.

För att representera en tydlig effektutveckling redovisas ej effektens högsta värde, vilket var ca 5 MW, då det endast uppnåddes i någon sekund för att sedan åter sjunka till ca 2-2,5 MW. Vilket framgår av diagrammet sjunker effekten ytterligare efter ca 4,5-5 min för att sedan vara konstant kring 500-700 kW.

Verifiering

De resultat som ges vid en simulering i FDS skall ej vara beroende av kontrollvolymernas storlek. För att verifiera de simuleringar som legat till grund för slutsatserna har därför simuleringar med identiska indata bortsett från kontrollvolymen utförts. Vid cellbranden simulerades de första 150 sekunderna med en minskad kontrollvolym. I den simulering som skulle verifieras innehöll cellen 22500 kontrollvolymmer medan cellen i verifierings-simuleringen innehöll 88000 kontrollvolymmer. För att undersöka om resultaten föll ut desamma har olika mätvärden jämförts. Nedan i diagram 10-13 redovisas jämförelser angående effektutvecklingen, temperaturen i två olika punkter samt kolmonoxidhalten i en punkt.

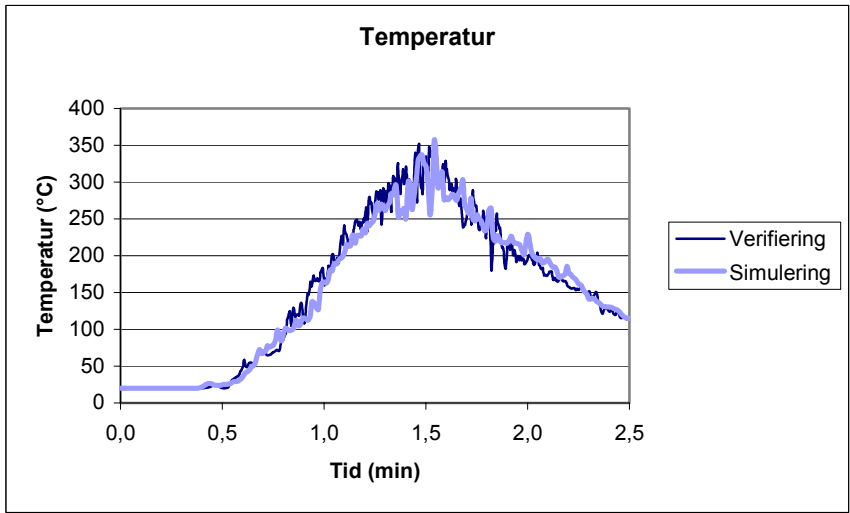


Diagram 10 Temperaturen som funktion av tiden i en punkt mitt i cellen på höjden 1,1 m över golvet.

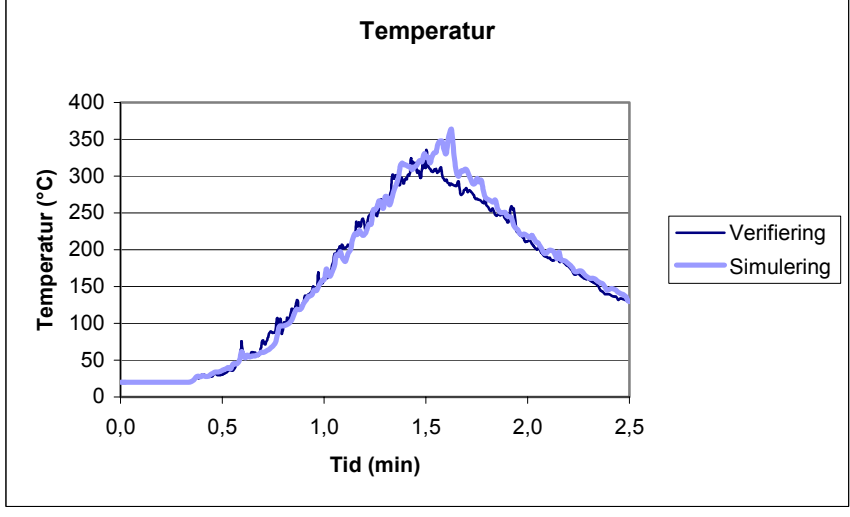


Diagram 11 Temperatur som funktion av tiden i en punkt mitt i cellen på höjden 2,1 m över golvet.

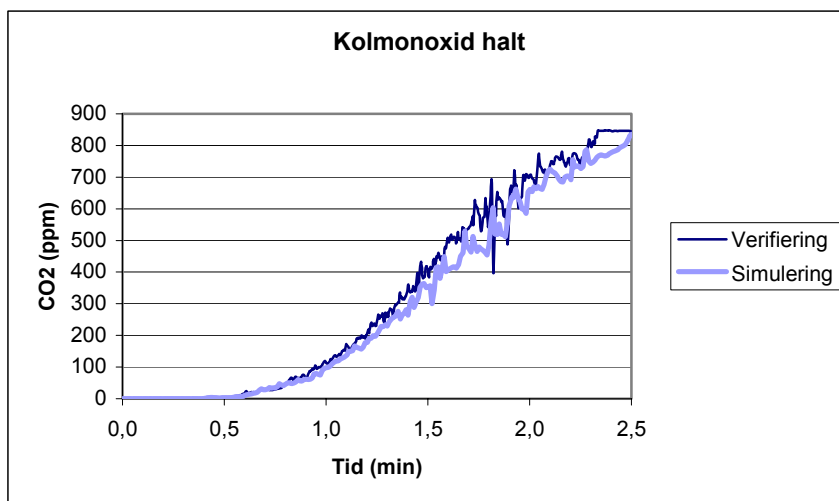


Diagram 12 Kolmonoxidhalten som funktion av tiden i en punkt mitt i cellen på höjden 1,1 m över golvet.

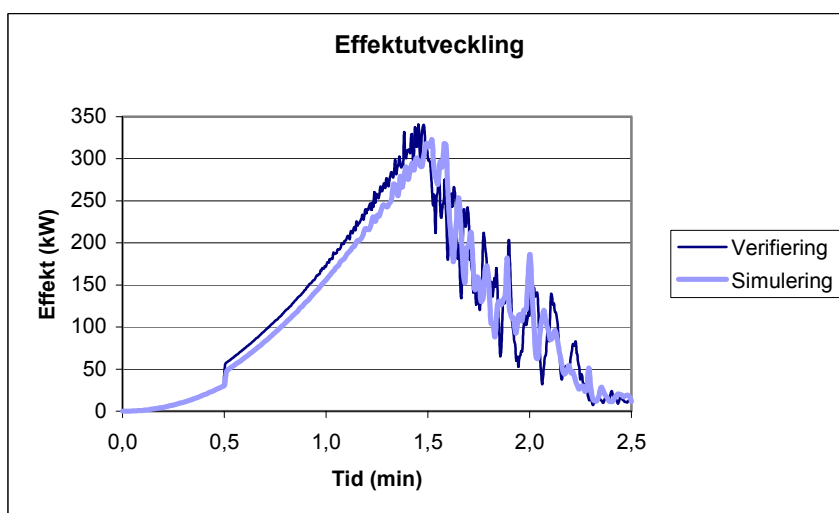


Diagram 13 Effektutvecklingskurvor vid brand i cell.

Vilket framgår av ovan redovisade diagram råder det ingen större differens eller några större avvikelser mellan de olika simuleringarna. Effektutvecklingen hamnar ca 10 kW efter i den grövre simuleringen. Detta har ingen större betydelse i praktiken och beror troligtvis på den numeriska beräkningsmetod som används utav programmet.

I efterhand har även en verifieringssimulering utförts där kontrollvolymsantalet i cellen ökades till 160000 celler och simuleringstiden till 6 minuter. Detta utfördes med anledning av den kraftigt tillväxande effektutveckling som sker då dörren till cellen öppnas (4 minuter efter det att branden antänts). Nedan i diagram 14 redovisas en jämförelse mellan de båda effektutvecklingskurvorna.

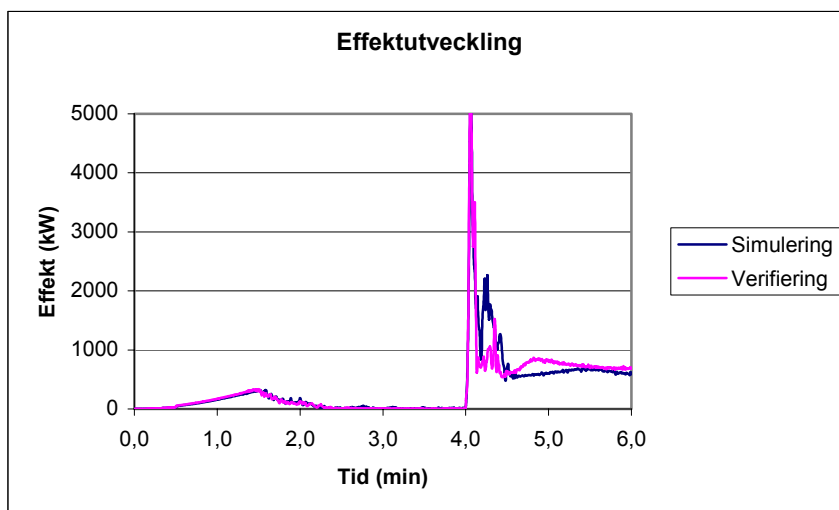
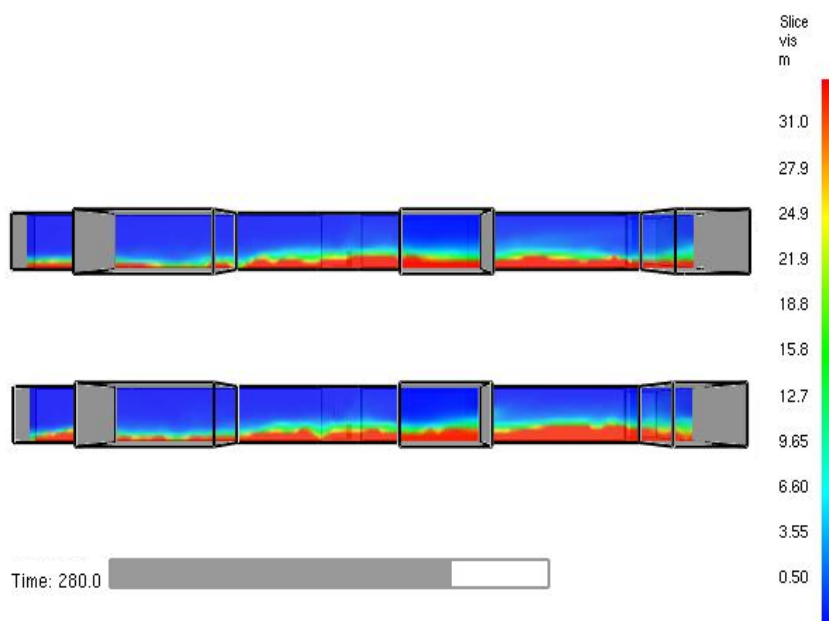


Diagram 14 Effektutvecklingskurvor vid brand i cell fram till tiden 6 minuter

Vilket framgår av diagrammet innebär minskningen av kontrollvolymens storlek i cellen ej någon förändring under brandförloppets första 4,2 minuter. Strax efter detta förekommer en viss variation i effektutvecklingen mellan de båda effekterna. Senare, efter ca 5 minuter lägger kurvorna sig på ungefär samma nivå. Denna variation kommer ej att påverka de förhållanden som uppstår i cellen under de första 4 minuterna. Det kan dock ha en viss betydelse för rökfyllnadshastigheten av korridoren. I syfte att utreda om detta har betydelse redovisas nedan i figur 18 en jämförelse mellan siktbarheten i korridoren efter 40 sekunder.



Figur 18 Jämförelse av siktbarheten i korridoren 40 sekunder efter det att dörren öppnats mellan den använda simuleringen (övre bild) och verifieringen (undre bild).

Vilket framgår av jämförelsen kommer sikten i princip att vara obefintlig i utrymmet efter ungefär 40 sekunder oberoende av kontrollvolymensstorleken i cellen. Den använda simuleringen anses därför vara acceptabel.

Toxicitet

Koldioxidhalten

I simuleringen har koldioxidhalten mätts på 11 olika punkter i cellen. Punkterna är placerade i en stapel mitt i rummet. För att få en bild av hur länge en person kan vara vid medvetande med avseende på koldioxidexponeringen har tre olika punkter valts att studeras, punkterna på höjden 0,5 m, 1,1 m respektive 1,7 m. Nedan i diagram 14 redovisas koldioxidhalten i de tre punkterna som funktion av tiden under brandförloppets första fyra minuter.

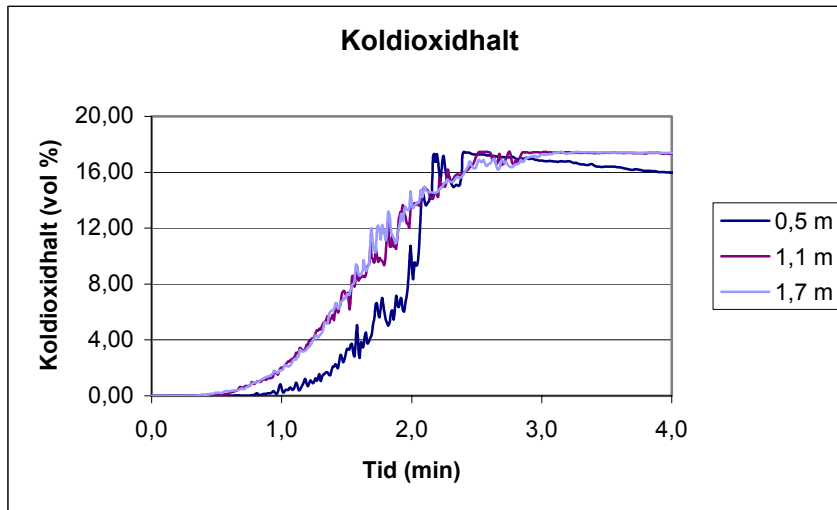


Diagram 15 Koldioxidhalten i cellen under brandförloppets första fyra minuter.

Tiden till dess att en person blir medvetslös kan beräknas med hjälp av följande formler.⁴²

$$t_{I_{CO_2}} = \exp(6,1623 - 0,5189 * \%CO_2)$$

$t_{I_{CO_2}}$ = tid till medvetslöshet

Vid konstant koncentration beräknas dosen som förväntas medföra medvetslöshet enligt följande:

$$Dose_I = (\%CO_2)(t_{I_{CO_2}})$$

Därmed blir under en kort tids exponering, t , och given koldioxidkoncentration

$$F_{I_{CO_2}} = \frac{(\%CO_2)(t)}{(\%CO_2)(t_{I_{CO_2}})}$$

där $F_{I_{CO_2}}$ = fraktion av en dos ledande till medvetslöshet

Då $t = 1$ förenklas sambandet till

⁴² Purser D.A., Toxicity Assessment of Combustion Products, SFPE.

$$F'_{I_{CO_2}} = \frac{1}{t_{I_{CO_2}}}$$

Därmed kan tiden tills den dos som leder till medvetslöshet beräknas om delfraktionerna minut för minut adderas.

Då kurvan ej ökar stegvis med minuterna som går har förenklingar utförts där medelvärdet av koldioxidkoncentrationen under respektive minut har använts.

Medelvärdet CO₂ under 1:a minuten vid höjden 0,5 m: 0,05 %

Medelvärdet CO₂ under 2:a minuten vid höjden 0,5 m: 3,32 %

Medelvärdet CO₂ under 3:e minuten vid höjden 0,5 m: 16,03 %

$$\text{För } 0,05 \%, t_{I_{CO_2}} = 462,3 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 0,002$$

$$\text{För } 3,32 \%, t_{I_{CO_2}} = 81,3 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 0,012$$

$$\text{För } 16,03 \%, t_{I_{CO_2}} = 0,12 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 8,63$$

Vilket framgår av fraktionen under enbart tredje minuten kommer 8,6 ggr det som krävs för att göra en person medvetslös att utgöra exponeringen. Detta innebär att en person sannolikt kommer att bli medvetslös mellan 2 och 3 minuter om denne befinner sig på höjden 0,5 m över golvet. Mer precisa beräkningar har därför utförts under denna tid för att redovisa ett mer precist intervall då medvetslöshet kan förväntas förekomma. Nedan i tabell 3 redovisas medelvärdet vol% CO₂ i intervall på 0,2 min.

Tabell 3 Koldioxidhalten i punkten 0,5 m över golvet under den 3:e minuten.

Tid (min)	CO ₂ vol %
2,0-2,2	13,25
2,2-2,4	15,78
2,4-2,6	17,29
2,6-2,8	17,10
2,8-3,0	16,94

$$\text{För } 13,25 \%, t_{I_{CO_2}} = 0,49 \Rightarrow \frac{0,2}{t_{I_{CO_2}}} = 0,41$$

$$\text{För } 15,78 \%, t_{I_{CO_2}} = 0,13 \Rightarrow \frac{0,2}{t_{I_{CO_2}}} = 1,5$$

Efter 2,2 minuter är summan av delfraktionerna (0,002+0,012+0,41) 0,424 och efter 2,4 minuter 1,94. Detta innebär att fraktionen 1, den dos som krävs för medvetslöshet, överstigs någonstans mellan 2,2 och 2,4 min.

För höjden 1,1 m har beräkningar utförts på samma sätt enligt följande:

Medelvärde CO₂ under 1:a minuten vid höjden 1,1 m: 0,40 %

Medelvärde CO₂ under 2:a minuten vid höjden 1,1 m: 7,31 %

Medelvärde CO₂ under 3:e minuten vid höjden 1,1 m: 16,17 %

$$\text{För } 0,40\%, t_{I_{CO_2}} = 386 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 0,003$$

$$\text{För } 7,32\%, t_{I_{CO_2}} = 10,6 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 0,094$$

$$\text{För } 16,33\%, t_{I_{CO_2}} = 0,11 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 9,3$$

Överstigningen av aktuell dos sker någon gång mellan 2 till 3 minuter. Nedan i tabell 4 redovisas medelvärdet vol% CO₂ i intervall på 0,2 min vid höjden 1,1 m.

Tabell 4 Koldioxidhalten i punkten 1,1 m över golvet under den 3:e minuten.

Tid (min)	CO ₂ vol %
2,0-2,2	14,89
2,2-2,4	15,59
2,4-2,6	16,99
2,6-2,8	16,93
2,8-3,0	17,32

$$\text{För } 14,89\%, t_{I_{CO_2}} = 0,21 \Rightarrow \frac{0,2}{t_{I_{CO_2}}} = 0,956$$

Efter 2,0 minuter är summan av delfraktionerna (0,003+0,094) 0,097 och efter 2,2 minuter 1,04. Detta innebär att fraktionen 1, den dos som krävs för medvetslöshet, överstigs någonstans mellan 2,0 och 2,2 min.

För höjden 1,7 m har beräkningar utförts på samma sätt enligt följande:

Medelvärde CO₂ under 1:a minuten vid höjden 1,7 m: 0,43%

Medelvärde CO₂ under 2:a minuten vid höjden 1,7 m: 7,51%

Medelvärde CO₂ under 3:e minuten vid höjden 1,7 m: 15,93 %

$$\text{För } 0,43\%, t_{I_{CO_2}} = 380,0 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 0,003$$

$$\text{För } 7,51\%, t_{I_{CO_2}} = 9,63 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 0,103$$

$$\text{För } 15,93\%, t_{I_{CO_2}} = 0,12 \Rightarrow \frac{1}{t_{I_{CO_2}}} = 8,20$$

Även på höjden 1,7 m över golvet kommer fraktionen 1 att överstigas mellan 2 och 3 minuter. Nedan i tabell 5 redovisas medelvärde vol% CO₂ i intervall på 0,2 min vid höjden 1,7 m.

Tabell 5 Koldioxidhalten i punkten 1,7 m över golvet under den 3:e minuten.

Tid (min)	CO ₂ vol %
2,0-2,2	15,50
2,2-2,4	15,85
2,4-2,6	16,62
2,6-2,8	16,63
2,8-3,0	17,18

$$\text{För } 15,50\%, t_{I_{CO_2}} = 0,15 \Rightarrow \frac{0,2}{t_{I_{CO_2}}} = 1,31$$

Efter 2,0 minuter är summan av delfraktionerna (0,003+0,103) 0,106 och efter 2,2 minuter 1,42. Detta innebär att fraktionen 1, den dos som krävs för medvetslöshet, överstigs någonstans mellan 2,0 och 2,2 min på höjden 1,7 m över golvnivån.

På grund av att programmet inte tar hänsyn till att branden blir ventilationskontrollerad utförs en enklare handberäkning som jämförs med den massproduktion koldioxid programmet beräknat.

Först beräknas den massa som förbränns innan det att branden blir ventilationskontrollerad. Enligt tidigare beräkningar (redovisade i Bilaga A) kommer den totala energiavgivningen på ca 16300 kJ att avges innan branden blir ventilationskontrollerad. Den massa som då förbränts beräknas enligt följande:

$$Q = m\Delta H_c \chi$$

där

Förbränningsvärmets, ΔH_c , är 16,09 kJ/g⁴³

Förbränningseffektiviteten, χ , är 0,7

Avgiven energi, Q , är 16300kJ

Detta innebär att massan, m , blir ca 1,45 kg.

Beräkning av hur stor massa koldioxid som bildats under tiden utförs enligt följande

$$m_{CO_2} = m_{bränsle} \cdot \gamma_{CO_2}$$

där γ_{CO_2} är yelden för koldioxid hos bränslet. Yelden anges i g/g och är ett mått på hur många gram av ett viss ämne som produceras vid förbränning av ett gram av ett givet bränsle, i detta fallet mängd koldioxid som produceras.

Yelden för koldioxid vid bränslekontrollerad brand är 1,33 g/g⁴⁴.

Detta medför då att massan 1,9 kg koldioxid har producerats fram till dess att branden blir ventilationskontrollerad. När branden blir ventilationskontrollerad ändras yelden. För koldioxid innebär syrebrist att mindre mängd koldioxid kommer att produceras.

I verkligheten kommer yelden minska ju mindre syretillgången blir. En förenkling utförs då den underventilerade effekten konstant ansätts till 400 kW vilket anses representativt då endast det tidiga ventilationskontrollerade förloppet studeras.

En effekt på 400 kW under 20 sekunder (ungefärlig tid som branden är ventilationskontrollerad innan dess att allvarliga förhållanden uppstår) medför en avgiven energi på 8000 kJ vilket medför en förbränd massa på ca 715 g (35,5 g/s i genomsnitt) vilket beräknas enligt ovan. Massan syre som förbrukas för att förbränna 715 g bränsle beräknas enligt följande:

$$Q_{\max} = 13,1 * m_{O_2}$$

Detta då frigörelsen av energi vid förbränning, oavsett bränsle, anses vara konstant per kilogram syre som deltagit i förbränningsprocessen och denna konstant uppskattas till 13,1 MJ/kg.⁴⁵ Massan syre som förbränns uppgår därför till 610 g (30,5 g/s i genomsnitt).

Yelden vid ventilationskontrollerad brand beror av faktorn ϕ och beräknas med följande formler:

$$\Phi = \frac{m_f / m_{ox}}{r}$$

⁴³ Drysdale D.D., Thermochemistry, SFPE.

⁴⁴ Tewarson, A., Generation of heat and chemical compounds in fires, SFPE.

⁴⁵ Karlsson, B. och Quintiere, J. Enclosure fire dynamics.

$$\frac{\gamma_{CO_2}}{\gamma_{CO_2, wv}} = \frac{1}{\Phi}$$

där

m_f är massan bränsle som förbränns (kg)

m_{ox} är massan syre som förbrukas (kg)

r är förhållandet bränsle / syre vid stökiometri

$\gamma_{CO_2, wv}$ är yelden vid bränslekontrollerad brand

Φ blir då 1,9 och yelden 0,7 g/g.

Producerad koldioxid efter branden blivit ventilationskontrollerad är då ca 25 g (yelden multiplicerat med massan förbränt bränsle).

Det innebär att den totala produktionen av koldioxid under brandförloppet fram till allvarliga förhållanden uppstår uppgår till ca 1,95 kg.

I diagram 16 nedan redovisas den mängd koldioxid som producerats i utrymmet enligt FDS simuleringen.

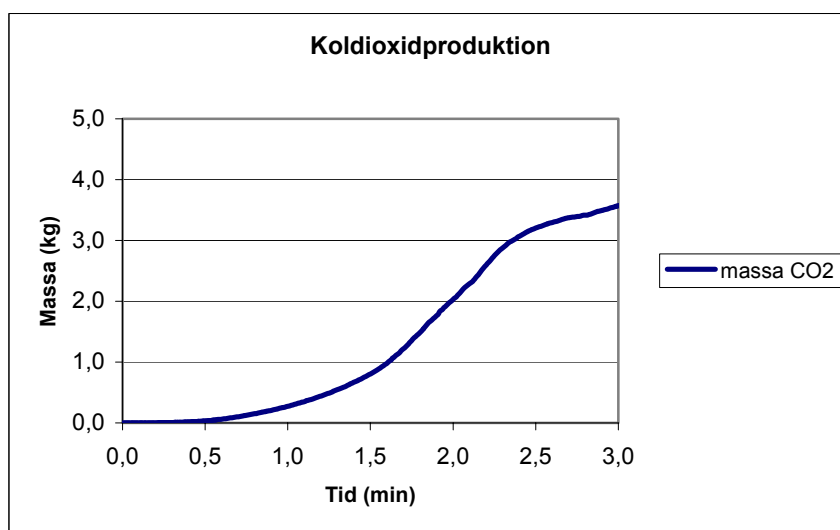


Diagram 16 Massan koldioxid som producerats i cellen under brandförloppets första 3 minuter.

Vilket framgår av diagrammet har ungefär 2 kg koldioxid producerats efter ca två minuter vilket stämmer väl överens med vad som beräknats ovan.

Kolmonoxidhalten

För att kunna förutsäga tiden till dess att en person blir medvetslös på grund av kolmonoxidhalten är det nödvändigt att veta vid vilken koncentration av carboxylhemoglobin (COHb) en människa blir medvetslös samt vilken andningsfrekvens personen har⁴⁶.

Följande formel finns för att beräkna en ungefärlig COHb koncentration;

$$\%COHb = (3,317 * 10^{-5}) (ppmCO)^{1,036} (RMW)(t)$$

där

ppm CO = Koncentration CO (ppm)

RMW = volym inandad luft (l/min)

t = exponeringstid (min)

Vid 34 %COHb förväntas en person bli medvetslös och vid 50%COHb kan en person omkomma. Andningsvolymen är olika beroende på ansträngningsgrad etc. En man som väger ca 70 kg har en ungefärlig andningsvolym vid vila på ca 8,5 l/min, vid lätt arbete ca 25 l/min och vid tungt arbete ca 50 l/min.

Om cellens kolmonoxidhalt konstant skulle vara 850 ppm behöver en person under lättare arbete utsättas för exponeringen under ca 38 min. Om en person befinner sig i hårt arbete krävs en exponering på ca 19 min för att kolmonoxidexponeringen skall leda till medvetslöshet.

Programmets utdata är dock ej realistisk då kolmonoxidproduktionen följer koldioxidproduktionen. Innan dess att branden blir ventilationskontrollerad uppnår kolmonoxiden en halt på ca 300 ppm. En halv minut senare kan en person bli medvetslös på grund av koldioxidhalten i rummet. För att undersöka om personen i cellen rimligen kan bli medvetslös på grund av kolmonoxidhalten innan dess att personen förväntas bli medvetslös på grund av koldioxidhalten beräknas hur hög koncentration kolmonoxid en person måste exponeras av under loppet av 40 sekunder. Valet 40 sekunder skall omfatta tiden från det att branden blir ventilationskontrollerad till dess att koldioxiden blir den kritiska faktorn (30 s) samt den mindre exponering som skett före det att branden blivit ventilationskontrollerad. Vid beräkning med hjälp av ovanstående formel, förutsatt att personen utför ett tyngre arbete, krävs en kolmonoxidhalt på 21500 ppm. Denna halt är väldigt hög och bedöms rimligen ej kunna vara medelvärde under de 30 sekunder som följer efter det att branden blivit ventilationskontrollerad (det innebär att kolmonoxidhalten skulle stiga till ca 43000 ppm under loppet av trettio sekunder om ökningen av kolmonoxid skedde linjärt).

På grund av att programmet inte tar hänsyn till att branden blir ventilationskontrollerad utförs även här en enklare handberäkning som jämförs med den massproduktion kolmonoxid programmet beräknat.

⁴⁶ Purser D.A., Toxicity Assessment of Combustion Products, SFPE.

Enligt tidigare beräkningar (redovisade i Bilaga A) kommer den totala energiavgivningen på ca 16300 kJ att avges innan branden blir ventilationskontrollerad. Den massa som då förbränts beräknas enligt följande:

$$Q = m\Delta H_c \chi$$

där

Förbränningsvärmets, ΔH_c , är 16,09 kJ/g⁴⁷

Förbränningseffektiviteten, χ , är 0,7

Avgiven energi, Q , är 16300kJ

Detta innebär att massan, m , blir ca 1,45 kg.

Beräkning av hur stor massa kolmonoxid som bildats under tiden utförs enligt följande

$$m_{CO} = m_{bränsle} \cdot \gamma_{CO}$$

där γ_{CO} är yelden för kolmonoxid hos bränslet.

Yelden för kolmonoxid vid bränslekontrollerad brand är 0,005 g/g⁴⁸.

Detta medför då att massan 7,3 g koldioxid har producerats fram till dess att branden blir ventilationskontrollerad. När branden blir ventilationskontrollerad ändras yelden. För kolmonoxid innebär syrebrist att en större mängd kolmonoxid kommer att produceras.

I verkligheten kommer yelden att öka ju mindre syretillgången blir. En förenkling utförs då den underventilerade effekten konstant ansätts till 400 kW vilket anses representativt då endast det tidiga ventilationskontrollerade förloppet studeras.

En effekt på 400 kW under 20 sekunder (ungefärlig tid som branden är ventilationskontrollerad innan dess att allvarliga förhållanden uppstår) medför en förbränd massa på ca 715 g vilket beräknats ovan på sidan 79. Den massa syre som varit inblandat i branden beräknas även den ovan på sidan 79 och uppgår till 610 g.

Yelden vid ventilationskontrollerad brand beror av faktorn ϕ och beräknas enligt följande:

$$\Phi = \frac{m_f / m_{ox}}{r} \quad 49$$

⁴⁷ Drysdale D.D., Thermochemistry, SFPE.

⁴⁸ Tewarson, A., Generation of heat and chemical compounds in fires, SFPE.

⁴⁹ Karlsson, B., Quintiere, J., Enclosure fire dynamics.

$$\gamma_{CO} = \gamma_{CO_{wv}} \cdot \left[1 + \frac{44}{\exp(\Phi / 1.30)^{-3,5}} \right]^{50}$$

där

m_f är massan bränsle som förbränns (kg)

m_{ox} är massan syre som förbrukas (kg)

r är förhållandet bränsle / syre vid stökiometri

$\gamma_{CO_{wv}}$ är yelden vid bränslekontrollerad brand

Φ blir då 1,9 och yelden 0,17 g/g.

Producerad koldioxid efter det att branden blivit ventilationskontrollerad är då ca 6 g.

Det innebär att den totala produktionen av koldioxid under brandförloppet fram till allvarliga förhållanden uppgår till ca 0,013 kg.

I diagram 17 nedan redovisas den massa kolmonoxid som beräknats i FDS simuleringen.

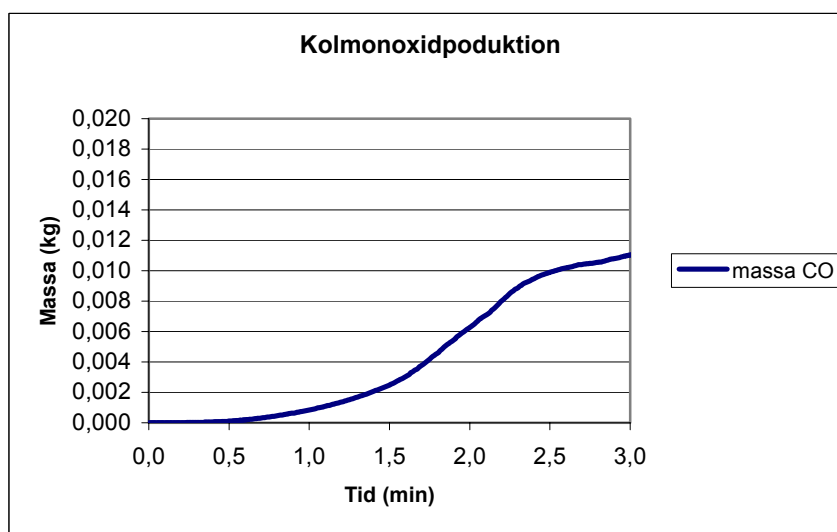


Diagram 17 Massa kolmonoxid som producerats i cellen under brandförloppets första 3 minuter

Vilket framgår vid en jämförelse mellan diagrammet och den massa som handberäknats framgår att kolmonoxidhalten underskattas något. Den massa som beräknats för hand skall enligt simuleringen först uppstå efter ca 2,5 minuter. Den halt kolmonoxid som uppstår efter 2,5 minuter i simuleringen är ej allvarligt toxisk för människan vilket innebär att det är koldioxiden som kommer att medföra allvarliga förhållanden först.

Ju längre brandförloppet fortskrider ju mer kolmonoxid kommer att produceras och de siffror som ges av programmet senare under brandförloppet kommer att vara än mer missvisande.

⁵⁰ Tewarson, A., Generation of heat and chemical compounds in fires, SFPE.

BRAND I DAGRUM

Verifiering

För att visa att simuleringen är oberoende av kontrollvolymstorleken utfördes en simulering där dagrummet innehöll 175000 kontrollvolymmer istället för de 85750 kontrollvolymmer som använts i huvudsimuleringen. Nedan i diagram 18-20 redovisas en jämförelse mellan de olika simuleringarnas effektutvecklingar samt temperaturen i två olika punkter.

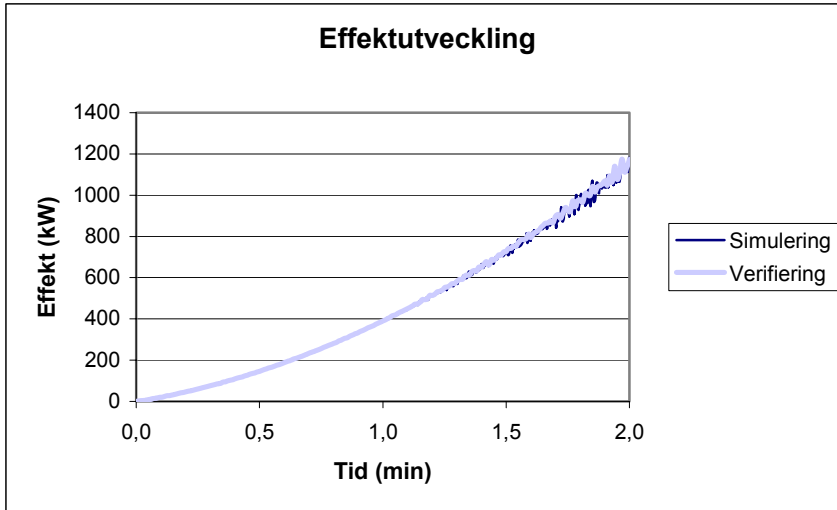


Diagram 18 Effektutvecklingskurvor vid brand i dagrum.

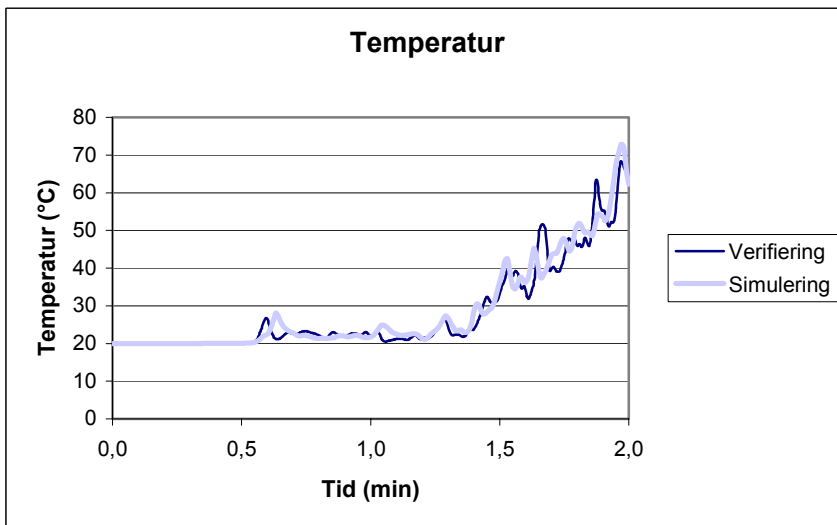


Diagram 19 Temperatur 1,1 m över golvet i korridorsdelen som löper genom dagrummet.

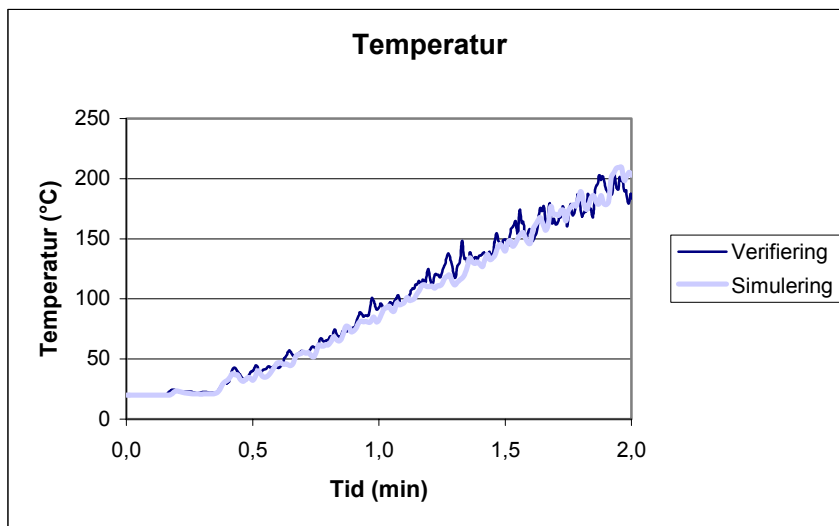
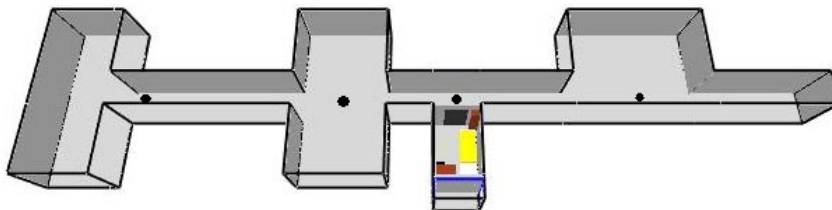


Diagram 20 Temperatur 2,1 m över golvet i korridorsdelen som löper genom dagrummet.

Vilket framgår av diagrammen följer kurvorna varandra utan större avvikelser vilket medför att simuleringen anses verifierad.

Temperatur

För att illustrera de temperaturförhållanden som råder i korridoren redovisas temperaturen i fyra olika punkter i diagram 19 nedan. Punkterna är placerade på höjden 1,5 m ovanför golvet. De olika kurvorna, 8 m, 16 m, 22 m respektive 28 m visar punktens avstånd från utgången i korridoren. Punkten 22 m är placerad i korridoren mitt utanför dagrummet. Figur 19 nedan redovisas punkternas ungefärliga placering i korridoren.



Figur 19 Punkter i vilka temperaturen registrerats.

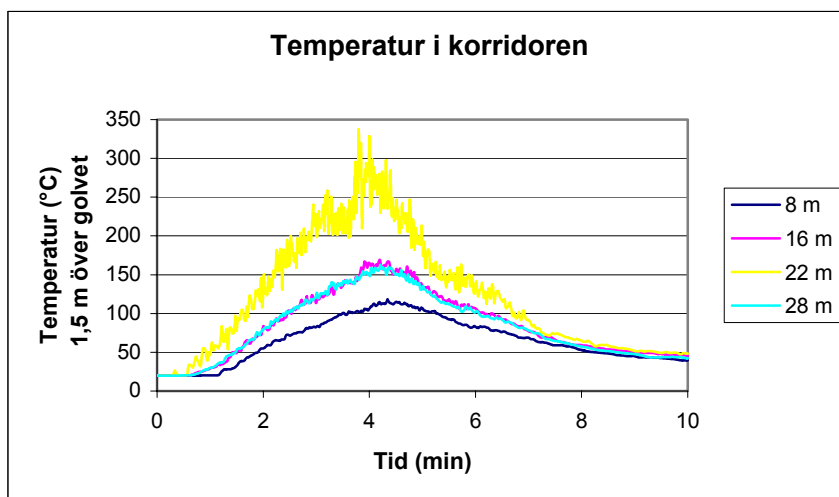
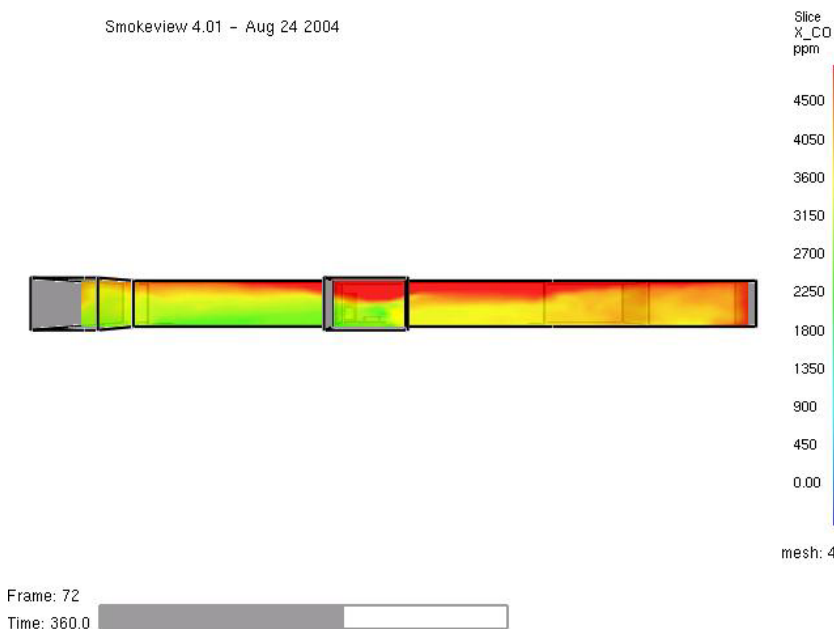


Diagram 21 Temperaturen i korridoren 1,5 m ovanför golvet vid brand i dagrum.

Toxicitet

Kolmonoxidhalten

Kolmonoxidhalten i korridoren under brandförloppets första 2,5 minuter kommer att vara relativt låg (generellt mellan 0 ppm och 300 ppm). Efter detta ökar kolmonoxidhalten drastiskt och efter 3,5 minuter är den ca 1800 ppm i den övre halvan av volymen och ca 900 ppm i den undre halvan. Efter ytterligare 1 minut är koncentrationen princip homogen och ligger på ca 2500 ppm. Efter sex minuter har koncentrationen uppgått till mellan 2500 och 4500 ppm, se figur 20 nedan.



Figur 20 Kolmonoxidhalten i korridoren efter ca 6 minuter.

Efter vilken exponeringstid en person förväntas bli medvetslös beräknas på samma sätt som ovan. För att en person som utför ett lättare arbete skall bli medvetslös vid koncentrationen 2500 ppm krävs en exponeringstid på ca 12,5 minuter. Om personen utför ett tyngre arbete krävs en exponeringstid på ca 6 minuter. Om exponeringen uppgår till 3000 ppm krävs en exponeringstid på 10 minuter vid lättare arbete respektive 5 minuter vid

tyngre arbete. Exponeringen 4500 ppm förväntas göra en person medvetslös inom ca 6,5 minuter vid lättare arbete respektive 3 minuter vid tyngre arbete.

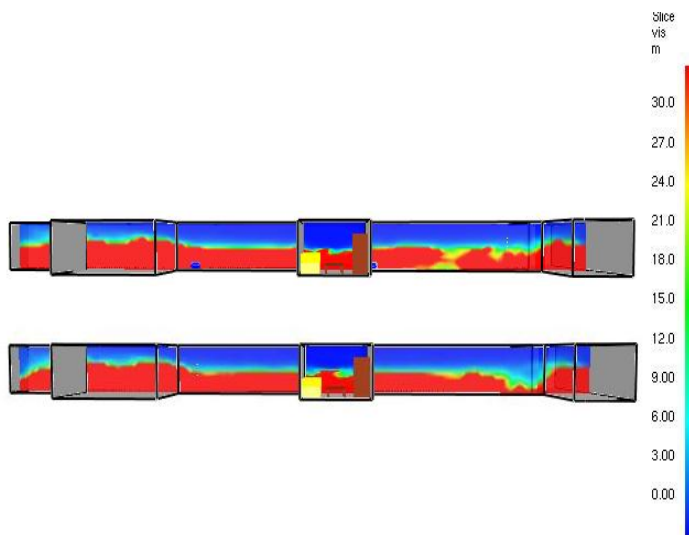
Känslighetsanalys med avseende på ventilationens inverkan

Följande avsnitt kommer att behandla hur de olika parametrarna sikt, temperatur samt toxicitet kommer att påverkas av ventilationen vid brand i dagrummet.

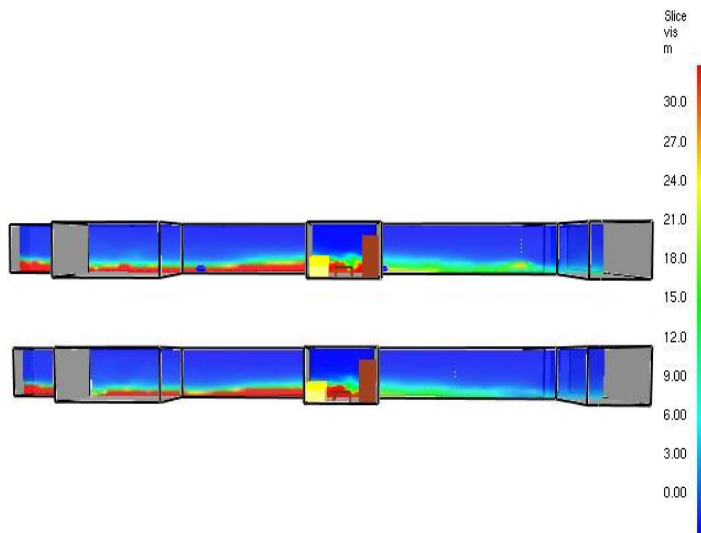
Då det är oklart om ventilationen kommer att ha någon påverkan redovisas en jämförelse mellan två simuleringar nedan varav den ena är den som resultatet av rapporten grundar sig på. Den andra simuleringen är identisk med denna bortsett från ventilationsluckor till det fria som placerats i tak och vid golvnivå.

Sikt

Då sikten är den dimensionerande faktorn som kan avgöra om utrymning kan ske eller ej redovisas nedan, i figur 21 samt 22, en jämförelse med avseende på sikten i korridoren 70 respektive 100 sekunder efter det att branden antänt.



Figur 21 Siktförhållanden i korridoren efter 70 sekunder med ventilation (övre fig.) respektive utan ventilation (undre fig.).



Figur 22 Siktförhållanden i korridoren efter 100 sekunder med ventilation (övre fig.) respektive utan ventilation (undre fig.).

Vilket framgår av jämförelsen kommer inte ventilationen ha någon större inverkan på de siktförhållanden som kommer att uppstå.

Temperatur

Även en jämförelse mellan de temperaturförhållanden som uppstår i korridoren redovisas i diagram 20 samt 21 nedan. Temperaturen är mätt i en punkt på avståndet 16 m respektive 22 m från utgången i korridoren. Punkten 22 m är placerad i den del av korridoren som löper genom dagrummet.

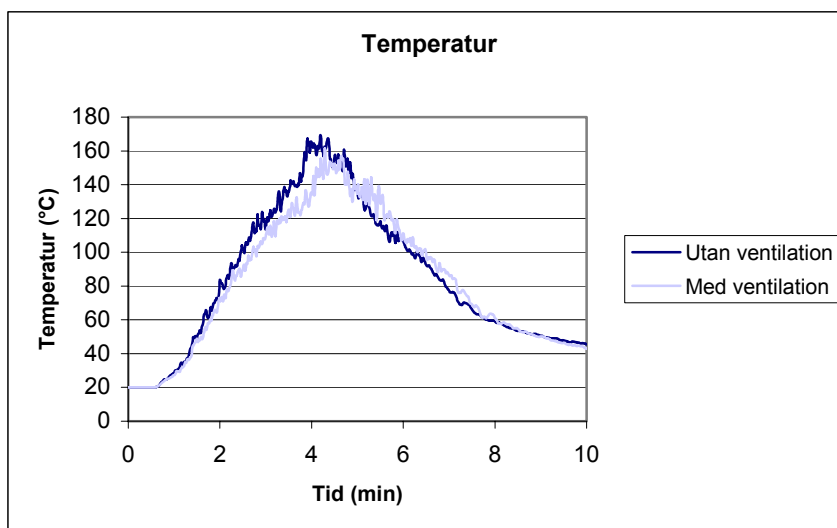


Diagram 22 Temperaturen 1,5 m över golvet, 16 m från utgången.

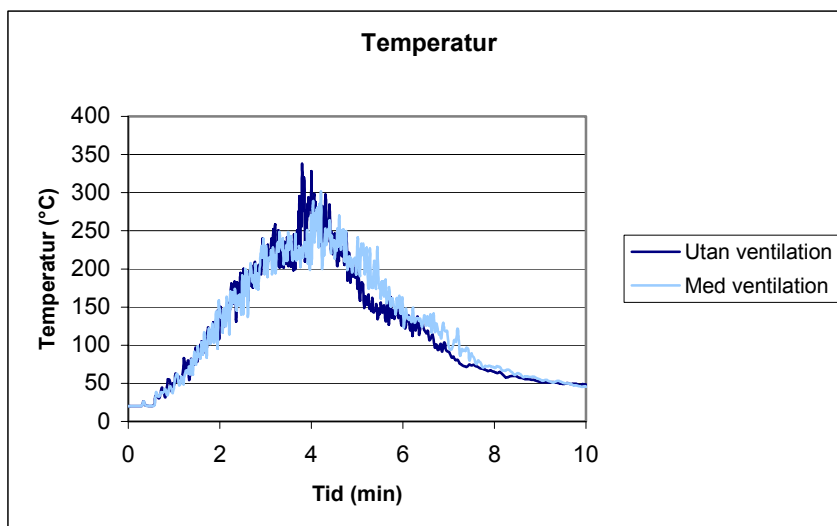
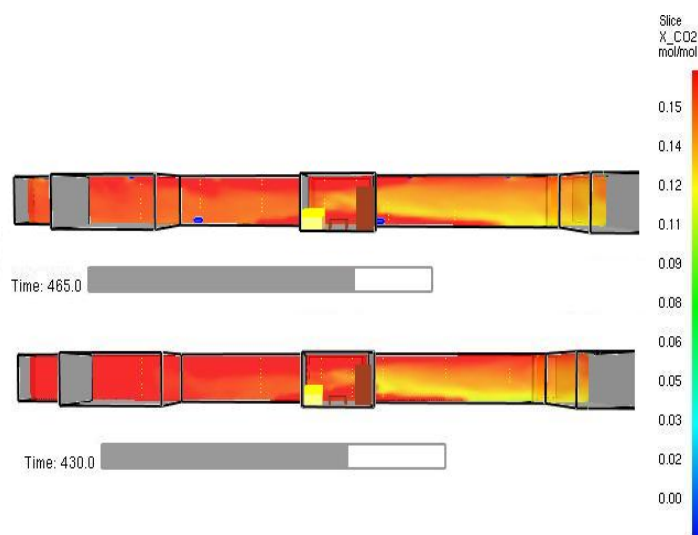


Diagram 23 Temperaturen 1,5 m över golvet, 22 m från utgången.

Vilket kan utläsas av jämförelsen i diagrammen kommer endast en mindre temperaturskillnad att uppstå om ventilationsluckor placeras i taket och i golvnivå. Därmed antas ventilationen ej innebära någon större skillnad för temperaturförloppet och ej heller påverka resultatet.

Koldioxidhalt

Luckorna i taket kommer att medföra en viss förskjutning av tiden till dess att en specifik koncentration av koldioxid uppstår. Koncentrationen i den övre delen av rummet kommer att ha en större förskjutning än övriga delar av utrymmet. För att illustrera förskjutningen redovisas nedan i figur 23 de förhållanden som råder efter 7 minuter utan ventilation samt de förhållanden som råder efter ca 7,5 minuter med ventilation.



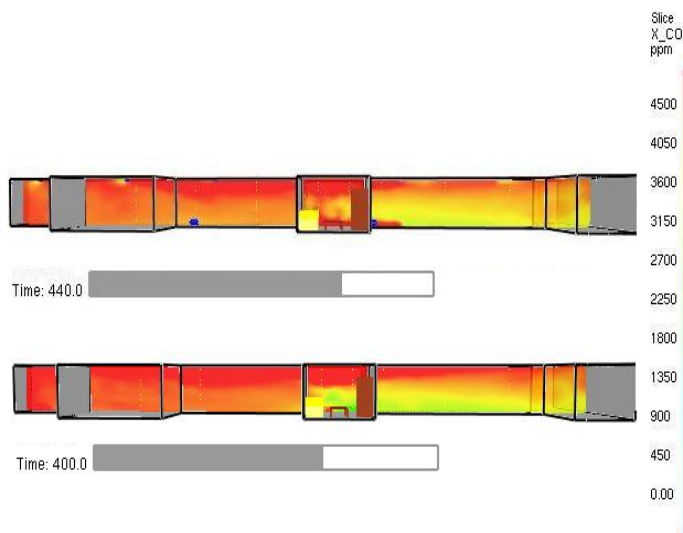
Figur 23 Koldioxidhalten i korridoren efter ca 7,5 minuter med ventilation (övre fig.) respektive ca 7 minuter utan ventilation (nedre fig.)

Förskjutningen blir ca 0,5-1 minut efter 7 minuters brandförlopp. Detta bedöms därför ej påverka utrymningsituationen då sikten blir den dimensionerande parametern långt innan allvarliga förhållanden med avseende på koldioxidhalten inträffar. Detta kan dock ha

viss betydelse för utrymmande som blir kvar i korridoren och ej klarar av att fullfölja utrymningen.

Kolmonoxidhalt

På samma sätt kommer en viss skillnad att uppstå gällande kolmonoxidhalten i korridoren. I början av förloppet råder relativt lika förhållanden men skillnaden ökar ju längre förloppet fortskrider. Nedan i figur 24 redovisas de förhållanden som råder efter 400 sekunder utan ventilation respektive 440 sekunder med ventilation.



Figur 24 Kolmonoxidhalt i korridoren efter 440 sekunder med ventilation (övre fig.) respektive 400 sekunder utan ventilation (undre fig.).

Figuren visar att efter ca 6,5 minuter har en förskjutning på ca 40 sekunder uppstått. Det vill säga att de förhållanden som uppstår efter 6,5 minuter utan luckor i taket uppstår efter ca 7,3 minuter med luckor i taket. Detta har ingen större inverkan på resultatet då sikten är den faktor som först omöjliggör utrymning. Det kan dock ha en viss betydelse för de personer som blir kvar i korridoren då utrymning ej kan ske fullständigt. Dock rör det sig endast om ca 0,5 –1 minut och en mer exakt bedömning är svår att utföra. Det bör tilläggas att koncentrationen som uppnås i de övre regionerna har en något längre tidsmässig förskjutning vilket syns i figuren ovan där området är något ljusare i de övre delarna.

Bilaga D

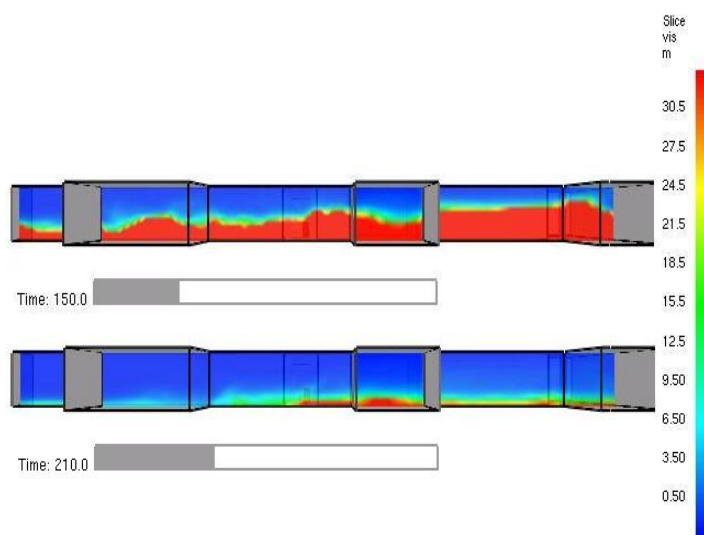
Minskad tid för utrymning

BRAND I CELL, DÖRR ÖPPNAS EFTER TVÅ MINUTER

Följande avsnitt kommer att behandla de förhållanden som kommer att råda inom avdelningen då celldörren öppnas efter 2 minuter.

Sikt

Sikten i korridoren kommer även vid detta scenario att försämrast snabbt efter det att celldörren öppnats. Nedan i figur 25 redovisas siktförhållanden i korridoren 30 respektive 90 sekunder efter det att celldörren öppnats.



Figur 25 Siktförhållanden i korridoren 0,5 minuter (övre fig.) respektive 1,5 minuter (undre fig.) efter det att celldörren öppnats.

Efter ca 1,5 minuter är sikten ca 0,5 till 3 meter på höjden 1,2 meter över golvet. En halv minut senare är sikten obefintlig i utrymmet.

Det kommer därför i princip att vara omöjligt att utrymma övriga celler ca 1 minut efter det att celldörren öppnats.

Temperaturen

Temperaturförhållanden i korridoren efter det att dörren öppnats kommer nästintill att följa samma utbredning och temperaturökning som i det fall då dörren öppnas efter 4 minuter. Temperaturen kommer därför ej att bli den dimensionerande parametern som avgör hur lång tid det finns tillgänglig för utrymning av resterande celler.

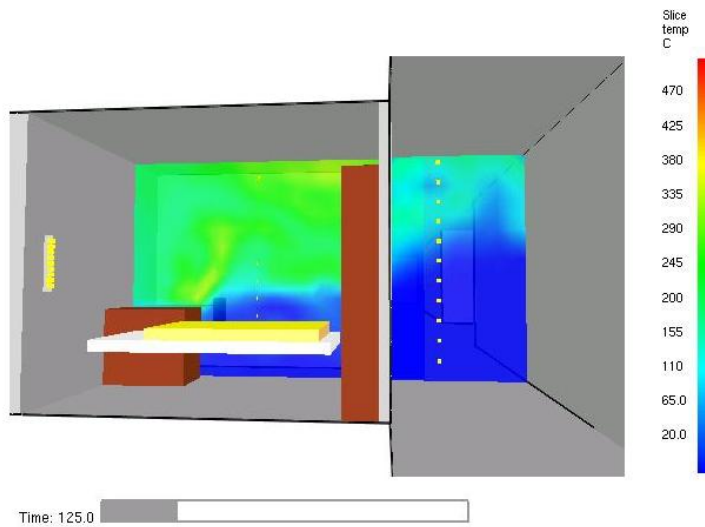
Toxiciteten

Kolmonoxidhalten kommer som mest att uppgå till ca 300 ppm vilket inträffar efter ca 8 minuter från det att antändning i cellen sker. Detta kommer därmed ej att påverka utrymmande i någon anmärkningsvärd utsträckning.

Koldioxidhalten kommer efter ca sju minuter uppgå till runt 4 % och efter ca 9,5 minuter uppgå till ca 8 %. Detta kommer ej att innebära att koldioxidhalten kommer att vara den dimensionerande faktorn som avgör tillgänglig tid för utrymning.

Personalens säkerhet

Då celldörren öppnas kommer även i detta fall en viss temperaturökning ske i den övre delen av öppningen, se figur 26 nedan, dock ej i den storleksordning som då dörren öppnas efter 4 minuter.



Figur 26 Temperaturprofil 5 sekunder efter det att dörren öppnats.

Enligt figuren kommer temperaturen att stiga till ca 110-150°C i den övre delen av dörröppningen. Ett antal sekunder senare har den stigit till ca 300°C. Den undre regionen behåller dock en normal rumstemperatur.

Bilaga E

Indatafiler till FDS 4 för
simulering av brand i cell
samt brand i dagrum

INDATAFIL TILL BRANDEN I CELL

&HEAD CHID='cell4',TITLE='Brand i cell' /

&MISC SURF_DEFAULT='CONCRETE', DATA-
BASE_DIRECTORY='c:\nist\fds\database4\
REACTION='CELLULOSE',/

Cell

&GRID IBAR=20,JBAR=45,KBAR=25 /
&PDIM XBAR0=15.0,XBAR=17,YBAR0=4.1,YBAR=8.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5/

korridor

&GRID IBAR=150,JBAR=10,KBAR=15 /
&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=31.2,YBAR0=3.0,YBAR=4.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

Matrum

&GRID IBAR=20,JBAR=10,KBAR=10 /
&PDIM XBAR0=5,XBAR=11.0,YBAR0=0.0,YBAR=3.4,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

Dagrum

&GRID IBAR=10,JBAR=30,KBAR=10 /
&PDIM XBAR0=19,XBAR=23.0,YBAR0=0.0,YBAR=7.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

Hobbyrum

&GRID IBAR=10,JBAR=30,KBAR=10 /
&PDIM XBAR0=30.8,XBAR=34,YBAR0=0.0,YBAR=7.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

&TIME TWFIN=600.0 /

Brand

&SURF ID='FIRE',HRRPUA=430.,TAU_Q=-110, RGB=1.0,1.0,0.0 /
&OBST XB=15.1,15.8,5.1,6.5,0.6,0.7, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/

Säng

&OBST XB=15.05,15.85,4.95,7.05,0.5,0.6, RGB=1.0,1.0,1.0,
T_REMOVE=30/

Säng

&OBST XB=15.05,15.85,4.95,7.05,0.5,0.6, RGB=1.0,1.0,1.0,
SURF_ID6='INERT','INERT','INERT','INERT','INERT','POLYURETHANEFOAM',
T_CREATE=30/

Väggar

&OBST XB=15.0,15.5,4.45,4.55,0.0,2.0, SURF_ID='CONCRETE'/
&OBST XB=16.5,17.0,4.45,4.55,0.0,2.0, SURF_ID='CONCRETE'/
&OBST XB=15.0,17.0,4.45,4.55,2.0,2.5, sURF_ID='CONCRETE'/

Vägg i cell

&OBST XB=15.0,17.0,7.5,7.7,0.0,1.0, SURF_ID='CONCRETE'/
&OBST XB=15.0,17.0,7.5,7.7,1.5,2.5, SURF_ID='CONCRETE'/
&OBST XB=15.0,15.2,7.5,7.7,0.0,2.5, sURF_ID='CONCRETE'/

&OBST XB=15.3,17.0,7.5,7.7,0.0,2.5, SURF_ID='CONCRETE'/

Vädringslucka

&VENT XB=15.0,17.0,8.5,8.5,0.0,2.5, SURF_ID='OPEN',RGB=0.0,0.0,1.0/

&VENT XB=15.0,17.0,7.7,8.5,2.5,2.5, SURF_ID='OPEN',RGB=0.0,0.0,1.0/

&VENT XB=15.0,15.0,7.7,8.5,0.0,2.5, SURF_ID='OPEN',RGB=0.0,0.0,1.0/

&VENT XB=17.0,17.0,7.7,8.5,0.0,2.5, SURF_ID='OPEN',RGB=0.0,0.0,1.0/

Dörr

&OBST XB=15.5,16.5,4.45,4.55,0.0,2.0, SURF_ID='STEEL', T_REMOVE=240 /

Garderob

&OBST XB=15.0,15.4,4.57,4.58,0.0,2.0, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=15.0,15.4,4.9,4.91,0.0,2.0, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=15.0,15.4,4.57,4.91,2.0,2.01, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=15.0,15.4,4.57,4.91,0.25,0.26, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=15.01,15.02,4.57,4.91,0.0,2.01, SURF_ID='SPRUCE'/

Skrivbord

&OBST XB=16.0,17.0,6.6,7.5,0.8,0.82, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=16.0,16.4,6.6,6.61,0.03,0.8, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=16.4,16.41,6.6,7.5,0.03,0.8, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=16.0,16.01,6.6,7.5,0.03,0.8, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=16.0,16.4,7.49,7.5,0.03,0.8, SURF_ID='SPRUCE'/

Säng

&OBST XB=15.05,15.1,4.95,5.0,0.0,0.5, SURF_ID='SPRUCE',RGB=1.0,0.0,0.0/

&OBST XB=15.05,15.1,7.0,7.05,0.0,0.5, SURF_ID='SPRUCE',RGB=1.0,0.0,0.0/

&OBST XB=15.8,15.85,7.0,7.05,0.0,0.5, SURF_ID='SPRUCE',RGB=1.0,0.0,0.0/

&OBST XB=15.8,15.85,4.95,5.0,0.0,0.5, SURF_ID='SPRUCE',RGB=1.0,0.0,0.0/

Stol

&OBST XB=16.5,16.9,6.5,6.9,0.5,0.52, SURF_ID='UPHOLSTERY',RGB=0.0,0.0,0.1/

&OBST XB=16.5,16.9,6.5,6.52,0.5,0.9, SURF_ID='UPHOLSTERY',RGB=0.0,0.0,0.1/

&OBST XB=16.5,16.53,6.5,6.53,0.0,0.5, SURF_ID='UPHOLSTERY',RGB=0.0,0.0,0.1/

&OBST XB=16.5,16.53,6.85,6.88,0.0,0.5, SURF_ID='UPHOLSTERY',RGB=0.0,0.0,0.1/

&OBST XB=16.87,16.9,6.85,6.88,0.0,0.5, SURF_ID='UPHOLSTERY',RGB=0.0,0.0,0.1/

&OBST XB=16.87,16.9,6.5,6.53,0.0,0.5, SURF_ID='UPHOLSTERY',RGB=0.0,0.0,0.1/

&SLCF PBY=5.0,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBY=6.0,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBY=3.75,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=15.5,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=16.5,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBZ=1.7,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBZ=0.5,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=4.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=7.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=3.5,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=16.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=21.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=32.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=16.0,QUANTITY='carbon dioxide',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=4.0,QUANTITY='carbon dioxide',DTSAM=5.0/
&SLCF PBZ=0.7,QUANTITY='carbon dioxide',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=16.0,QUANTITY='carbon monoxide',DTSAM=5.0/
&SLCF PBX=4.0,QUANTITY='carbon monoxide',DTSAM=5.0/
&SLCF PBZ=0.7,QUANTITY='carbon monoxide',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=16.0,QUANTITY='oxygen',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=16.0,QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE., DTSAM=5/
&SLCF PBX=15.25,QUANTITY='VELOCITY',VECTOR=.TRUE., DTSAM=5/

Temperatur i cellen

&THCP XYZ=16.5,6.0,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

Temperatur utanför dörren

&THCP XYZ=16.0,4.0,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.0,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

Temperatur i dörren

&THCP XYZ=16.0,4.5,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=16.0,4.5,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

kolmonoxidhalt i cellen

&THCP XYZ=16.5,6.0,0.3,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.5,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.7,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.9,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.1,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.3,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.5,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.7,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.9,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,2.1,QUANTITY='carbon monoxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,2.3,QUANTITY='carbon monoxide'/

koldioxidhalt i cellen

&THCP XYZ=16.5,6.0,0.3,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.5,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.7,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,0.9,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.1,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.3,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.5,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.7,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,1.9,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,2.1,QUANTITY='carbon dioxide'/
&THCP XYZ=16.5,6.0,2.3,QUANTITY='carbon dioxide'/

Hastighet i dörren

&THCP XYZ=16.0,4.5,0.3,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,0.5,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,0.7,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,0.9,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.1,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.3,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.5,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.7,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,1.9,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,2.1,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=16.0,4.5,2.3,QUANTITY='V-VELOCITY'/

Hastighet i öppningen

&THCP XYZ=15.25,7.5,1.05,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.10,QUANTITY='V-VELOCITY'/

&THCP XYZ=15.25,7.5,1.15,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.20,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.25,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.30,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.35,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.40,QUANTITY='V-VELOCITY'/
&THCP XYZ=15.25,7.5,1.45,QUANTITY='V-VELOCITY'/

&ISOF QUANTITY='carbon monoxide', DTSAM=5, VALUE(1)=6000, VALUE(2)=12000 /
&ISOF QUANTITY='carbon dioxide', DTSAM=10, VALUE(1)=0.07, VALUE(2)=0.1 /

&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /

INDATAFIL TILL BRANDEN I DAGRUMMET

&HEAD CHID='dagrum',TITLE='Brand i dagrum' /

&MISC SURF_DEFAULT='CONCRETE', DATA-
BASE_DIRECTORY='c:\nist\fds\database4\
REACTION='POLYURETHANE',/

korridor

&GRID IBAR=150,JBAR=10,KBAR=15 /

&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=34.4,YBAR0=3.0,YBAR=4.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

Matrum

&GRID IBAR=20,JBAR=10,KBAR=10 /

&PDIM XBAR0=5,XBAR=11.0,YBAR0=0.0,YBAR=3.4,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

Dagrum

&GRID IBAR=35,JBAR=70,KBAR=35 /

&PDIM XBAR0=19,XBAR=23.0,YBAR0=0.0,YBAR=7.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

Hobbyrum

&GRID IBAR=10,JBAR=30,KBAR=10 /

&PDIM XBAR0=33.8,XBAR=37,YBAR0=0.0,YBAR=7.5,ZBAR0=0.0,ZBAR=2.5 /

&TIME TWFIN=600.0 /

Brand

&SURF ID='FIRE',HRRPUA=1250.,TAU_Q=-180, RGB=1.0,1.0,0.0 /

&OBST XB=19.1,20.1,0.1,2.1,0.0,0.6, SURF_IDS='FIRE','INERT','INERT'/

Soffa

&OBST XB=19.1,19.25,0.1,2.1,0.6,0.9, SURF_ID='POLYURETHANEFOAM',
RGB=1.0,1.0,0.0/

&OBST XB=19.25,20.1,0.1,0.25,0.6,0.9, SURF_ID='POLYURETHANEFOAM',
RGB=1.0,1.0,0.0/

&OBST XB=19.25,20.1,1.85,2.1,0.6,0.9, SURF_ID='POLYURETHANEFOAM',
RGB=1.0,1.0,0.0/

Bord

&OBST XB=20.5,21.5,0.3,1.9,0.4,0.46, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=20.5,20.6,0.3,0.4,0.0,0.4, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=20.5,20.6,1.8,1.9,0.0,0.4, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=21.4,21.5,0.3,0.4,0.0,0.4, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=21.4,21.5,1.8,1.9,0.0,0.4, SURF_ID='SPRUCE'/

Hylla

&OBST XB=22.0,22.9,0.1,0.15,0.0,1.9, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=22.0,22.05,0.1,0.35,0.0,1.9, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=22.85,22.9,0.1,0.35,0.0,1.9, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=22.0,22.9,0.1,0.35,0.5,0.55, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=22.0,22.9,0.1,0.35,0.8,0.85, SURF_ID='SPRUCE'/

&OBST XB=22.0,22.9,0.1,0.35,1.2,1.25, SURF_ID='SPRUCE'/

TV

&OBST XB=22.2,22.7,0.6,1.3, 0.3,0.9, SURF_ID='PLASTIC A'/

temperatur i korridor samt rum

&SLCF PBY=3.75,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=8.0,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=21.0,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=32.5,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0 /

&SLCF PBX=20.0,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=22.0,QUANTITY='TEMPERATURE',DTSAM=5.0/

Sikt

&SLCF PBY=3.75,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=8.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=21.0,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/

&SLCF PBX=32.5,QUANTITY='visibility',DTSAM=5.0/

koldioxid

&SLCF PBY=4.0,QUANTITY='carbon dioxide',DTSAM=5.0/

kolmonoxid

&SLCF PBY=4.0,QUANTITY='carbon monoxide',DTSAM=5.0/

Temperatur 4 m

&THCP XYZ=4.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=4.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

Temperatur 8 m

&THCP XYZ=8.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&THCP XYZ=8.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 12 m

&THCP XYZ=12.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 16 m

&THCP XYZ=16.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=16.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 20m

&THCP XYZ=20.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=20.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 22 m

&THCP XYZ=22.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=22.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 24 m

&THCP XYZ=24.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=24.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=12.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 28 m

&THCP XYZ=28.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=28.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

temperatur 32 m

&THCP XYZ=32.0,3.75,0.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,0.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,0.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,0.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,1.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,1.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,1.5,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,1.7,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,1.9,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,2.1,QUANTITY='TEMPERATURE'/
&THCP XYZ=32.0,3.75,2.3,QUANTITY='TEMPERATURE'/

&ISOF QUANTITY='carbon monoxide', DTSAM=5, VALUE(1)=6000 /
&ISOF QUANTITY='carbon dioxide', DTSAM=10, VALUE(1)=0.07 /
&ISOF QUANTITY='visibility', DTSAM=10, VALUE(1)=10, VALUE(2)=5 /
&BNDF QUANTITY='HEAT_FLUX' /