

Fullskaleförsök av brand i ett rum med boendesprinkler



Stefan Schönberg

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5061, Lund 2000

Fullskaleförsök av brand i ett rum med boendesprinkler

Stefan Schönberg

Lund 2000

Fullskaleförsök av brand i ett rum med boendesprinkler

Stefan Schönberg

Report 5061

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB—5061-SE

Number of pages: 37 + Appendices

Keywords

Sprinkler, full scale fire tests, residential sprinkler

Abstract

A serie of ten full scale fire scenerios has been analysed in a compartment with and without residential sprinkler. The production of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen was measured in two different heights in the compartment during the tests. (Swedish)

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

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

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

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

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

Sammanfattning

Tio fullskaleförsök har utförts på BRANDORAMA i Helsingborg. Utöver dessa försök har två mätningar av effekten utförts i en konkalorimeter på Lunds Tekniska Högskola.

Syftet med försöken var att undersöka om bostadssprinkler kan minska koncentrationerna av brandgaser så mycket att bostadssprinklern kan rädda liv.

För att undersöka detta har försök med och utan sprinkler utförts för tre olika brandscenarion. Under försöken mättes temperatur, kolmonoxid, koldioxid och syrehalten på två olika höjder i brandrummet.

Försöken med sprinkler visar att det bildas betydligt lägre koncentrationer av kolmonoxid och koldioxid. Försöken visar även att syrekoncentrationerna är högre samtidigt som temperaturen i brandrummet snabbt sänks efter sprinkleraktivering.

I alla utom ett av de sprinklade försöken uppnås inte kritiska förhållanden enligt NKB:s riktlinjer för giftiga gaser. I det sprinklade försöket där gränserna för kritiska förhållanden överskrids sänks syrenivån endast men 0,1 volymprocent under kritiskt värde som är 15 %. Denna lilla sänkning ligger inom området för mätfel.

Strålningen från brandgaslagret kan eventuellt ge brännskador. I så fall blir de betydligt lättare i det sprinklade fallet jämfört med det osprinklade eftersom temperaturerna är betydligt lägre när det är sprinklat samtidigt som temperaturen snabbt sänks i rummet efter sprinkleraktivering. För att med säkerhet kunna bedöma om strålningen ger värmeskador måste tester med artificiell hud utföras. Detta eftersom temperaturen är lägre ju längre ned i rummet en person befinner sig. De kallare delarna av brandgaslagret kan absorbera värmestrålning från de högre delarna av brandgaslagret. Hur mycket det påverkar en person som befinner sig lågt ned i rummet är med de mätningar som utförts omöjligt att uttala sig om.

En person kan troligtvis vistas i rummet utan skador såvida den inte befinner sig i det eller de objekt som brinner.

Sikttnedsättningen mättes inte under försöken men sikttnedsättningen observerades under försöken. Sikttnedsättningen i rummet gick långsammare i de försöken då sprinklern utlöste tidigt.

Försöken har utförts med en snabbt växande brand. En långsammare brand hade fördröjt sprinklerutlösningen. Vid en glödbrand kommer inte sprinklern att lösa ut. Detta beaktas dock i installationsregler för sprinkler eftersom brandvarnare ska installeras även om boendesprinkler installeras. En brandvarnare ger då ett tidigt larm och möjliggör utrymning även om sprinklern inte utlöser.

SAMMANFATTNING	4
1 INLEDNING	7
2 FÖRSÖK	8
2.2 ANTÄNDNINGSKÄLLAN	9
2.3 KONKALORIMETERTEST MED FÅTÖLJ	9
2.4 KONKALORIMETERTEST MED ANTÄNDNINGSKÄLLAN	11
2.5 PLUNGETEST	12
3 FÖRSÖK BRANDORAMA	13
3.1 BRANDRUMMET	13
3.2 HUR OLIKA PARAMETRAR MÄTTES UNDER OLIKA FÖRSÖK	14
3.2.1 TEMPERATURMÄTNING	14
3.2.2 PRODUKTION AV BRANDGASER	14
3.2.3 STRÅLNING	14
3.2.4 VATTENFLÖDE	14
3.2.5 MASSFÖRLUST	15
3.2.6 MASSAN PÅ MADRASSERNA INNAN ANTÄNDNING	15
3.2.7 TIDEN TILL SPRINKLERAKTIVERING	15
3.2.8 BRANDGASLAGRETS HÖJD	15
3.2.9 SPRINKLERNES PÅVERKAN PÅ BRANDEFFEKTEN	15
3.3 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING FÖRSÖK 1 OCH 2	16
3.4 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING FÖRSÖK 3 TILL 9	17
3.5 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING FÖRSÖK 10	17
3.6 FÖRSÖK 1	18
3.6.1 FÖRSÖKSBEKRIVNING	18
3.6.2 SYFTET MED FÖRSÖK 1	18
3.6.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK 1	19
3.6.4 SLUTSATS AV FÖRSÖK 1	20
3.7 FÖRSÖK 2	20
3.7.1 FÖRSÖKSBEKRIVNING	20
3.7.2 SYFTET MED FÖRSÖK	20
3.7.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK	20
3.7.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK	21
3.8 FÖRSÖK 3	22
3.8.1 FÖRSÖKSBEKRIVNING	22
3.8.2 SYFTET MED FÖRSÖK 3	22
3.8.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK 3	22
3.7.4 SLUTSATSER FÖRSÖK 3	23

3.8 FÖRSÖK 4	24
3.8.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	24
3.8.2 SYFTET MED FÖRSÖK 4	24
3.8.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK 4	24
3.8.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK 4	25
3.9 FÖRSÖK 5	25
3.9.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	25
3.9.2 SYFTET MED FÖRSÖK 5	25
3.9.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK 5	26
3.9.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK 5	27
3.10 FÖRSÖK 6	28
3.10.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	28
3.10.2 SYFTET MED FÖRSÖK 6	28
3.10.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK 6	28
3.10.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK 6	29
3.11 FÖRSÖK 7	29
3.11.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	29
3.11.2 SYFTET MED FÖRSÖK	29
3.11.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK	29
3.11.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK	30
3.12 FÖRSÖK 8	32
3.12.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	32
3.12.2 SYFTET MED FÖRSÖK	32
3.12.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK	32
3.12.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK 8	33
3.13 FÖRSÖK 9	33
3.13.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	33
3.13.2 SYFTET MED FÖRSÖK	33
3.13.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK	33
3.13.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK 9	34
3.14 FÖRSÖK 10	35
3.14.1 FÖRSÖKSBESKRIVNING	35
3.14.2 SYFTET MED FÖRSÖK	35
3.14.3 UTDATA FRÅN FÖRSÖK	35
3.14.4 SLUTSATS FRÅN FÖRSÖK 10	36
3.15 SLUTSATSER FRÅN FÖRSÖK UTFÖRDA I BRANDORAMA	37
REFERENSER	38

APPENDIX 1 Plungetest LTH**APPENDIX 2 Mätning av gaskoncentrationer****APPENDIX 3 Försök 3 Brandorama****APPENDIX 4 Försök 4 Brandorama****APPENDIX 5 Försök 5 Brandorama****APPENDIX 6 Försök 6 Brandorama****APPENDIX 7 Försök 7 Brandorama****APPENDIX 8 Försök 8 Brandorama****APPENDIX 9 Försök 9 Brandorama****APPENDIX 10 Kalibrering och osäkerheter i mätningar**

1 Inledning

Syftet med projektarbetet är att utföra fullskaleförsök med bostadssprinkler. Vid försöken skall vissa viktiga parametrar analyseras för att utreda hur sprinkler påverkar förhållanden i brandrummet. I examensarbetet skall det ingå att utveckla en testmetod som så gott som möjligt kan ge svar på denna fråga. Från försöken skall det dras slutsatser huruvida en person kan uppehålla sig i brandrummet beroende på om rummet är utrustat med en sprinkleranläggning eller inte.

Metoden som har använts är litteraturstudier och fullskaleförsök. Litteraturstudierna innefattar metoder för att utföra fullskaleförsök och vilka fullskaleförsök som utförts.

I denna rapport har endast brandrummet studerats. Öppningarna in i rummet är 0,5 m². I toxicitetsstudien har endast påverkan av kolmonoxid (CO), koldioxid (CO₂) och låg syrehalt (O₂) studerats.

Från början var dettas projektarbete meningen att fullskaleförsöken skulle användas till att kontrollera vissa av dagens beräkningsmetoder för brandförlopp och sprinkler, men p.g.a. omständigheter som författaren inte kunnat råda över har detta projektarbete avgränsats till att endast innefatta utvecklingen av en testmetod, utförande av fullskaleförsök och utvärdering av dessa.

Handledare Göran Holmstedt biträdande professor vid Lunds universitet på institutionen för brandteknik, Magnus Arvidsson SP, Per Anders Marberg på Bengt Dahlgren, Helsingborgs brandförsvär har bistått med många bra synpunkter och tips under arbetets gång. Till dem riktar jag ett stort tack.

Ljungby i augusti 2000

Stefan Schönberg

2 Försök

2.1 Fåtöljens dimensioner

Fåtöljens utseende visas i bild 2.1

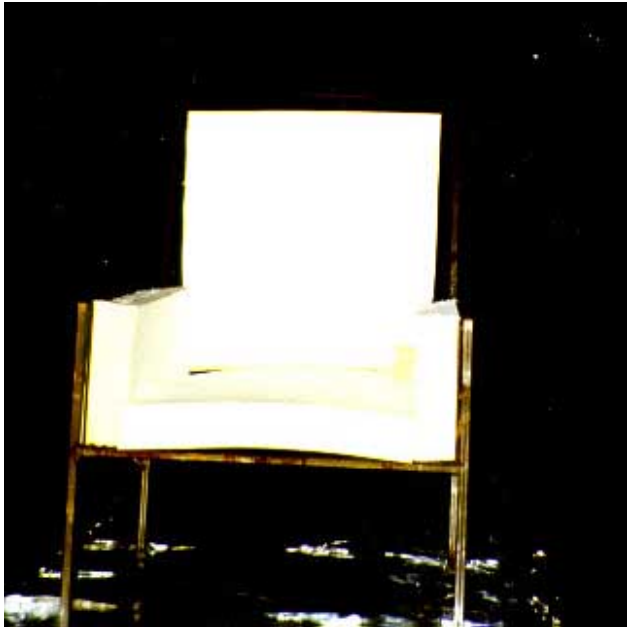


Bild 2.1 fåtöljens utseende

Madrasserna var gjorda av Polyeten. Madrassbitarnas dimensioner var ungefär:

Rygg : $63 \times 67 \times 9$ cm

Armstöd: 2 st $30 \times 67 \times 9$ cm

Sittdyna: $63 \times 66 \times 9$ cm

Vikten av polyetenmadrasserna var c:a 2,5 kg.

Vid alla försök användes endast madrasser dvs madrasserna var inte inklädda med något tyg. Stommen till fåtöljen var gjord av 15x15 mm stålprofiler som hade svetsas ihop. Madrasserna lades på ett armeringsnät med maskvidden 10 cm. På baksidan av fåtöljen fanns även en liten platta av stål som användes vid antändning på baksidan av fåtöljen.

2.2 Antändningskällan

Antändningskällan bestod av träfiberskivor av typen trätex som sågades till i 6x6 cm bitar. Sex stycken sådana bitar staplades sedan på höjden och spikades ihop. Denna träfiberskivestapel placerades i en plastpåse där den fick dra in 120 ml Heptan. Påsen var försluten när träfiberstapeln drog in heptan. Antändningskälla används av SP vid möbelförsök. Tändkällan utan heptan väger ungefär 76 gram.

Tändkällan utseende framgår av bild 2.2.



Bild 2.2 Tändkällans utseende

Effektutvecklingen och koldioxid/kolmonoxid produktionen mättes också vid Brandtekniks laboratorium utdata från dessa försök finns i avsnitt 2.4. Tändkällan ger en flamma på ca 25-30 cm när den antänds. Anledningen till att en så stark tändkälla används är att effektutvecklingen av fåtöljen ska bli så lika som möjligt i de olika försöken. Används en svag tändkälla kan början på brandförloppet bli väldigt olika beroende hur länge branden ligger och pyr innan det blir en flambrand /8/. Är effektutvecklingen inte någorlunda genom brandförloppet kan det medföra svårigheter att bestämma hur sprinklern påverkar brandförloppet.

2.3 Konkallorimetertest med fåtölj

Fåtöljen förbrändes i Brandtekniks laboratorium i Lund. Vid försöket mättes

- Massförlust
- Effektutveckling
- Kolmonoxidproduktion
- Koldioxidproduktion
- Syrereduktion
- Optisk densitet

Vid mätningen var alla skärmar påhängda på uppsamlingshuven. Försöksuppställningen framgår av bild 2.3.



Bild 2.3 försöksuppställning vid konkalorimetertest. Vid testet hängdes alla skärmar på huven.

Försöket fotograferades och fick följande utseende för direkt efter antändning och efter 50 sekunder.

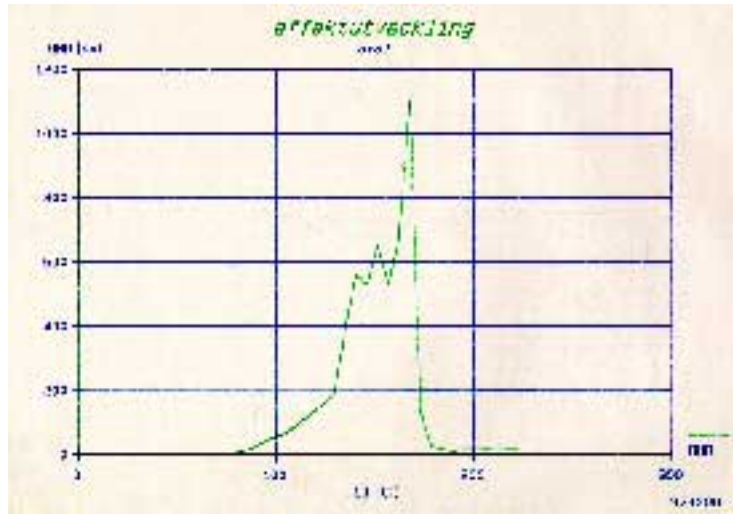


Bild 2.4 Fåtöljen direkt efter antändning



Bild 2.5 Fåtöljen 50 sekunder efter antändning.

Försöket avbröts efter 86 sekunder efter antändning för att det började läcka ut för mycket rök från huven. Släckvatten började tillföras stolen vid denna tidpunkt. Effektutvecklingen för fåtöljen redovisas i figur 2.3.1. Observera att effektmätningen börjar innan fåtöljen antänds. Fåtöljen antänds efter c:a 80 sekunder då effektutvecklingen stiger från 0 kW.



Figur 2.3.1 Effektutveckling för fåtöljen i konkalkorimetern. Observera att antändningen sker efter c:a 80 sekunder.

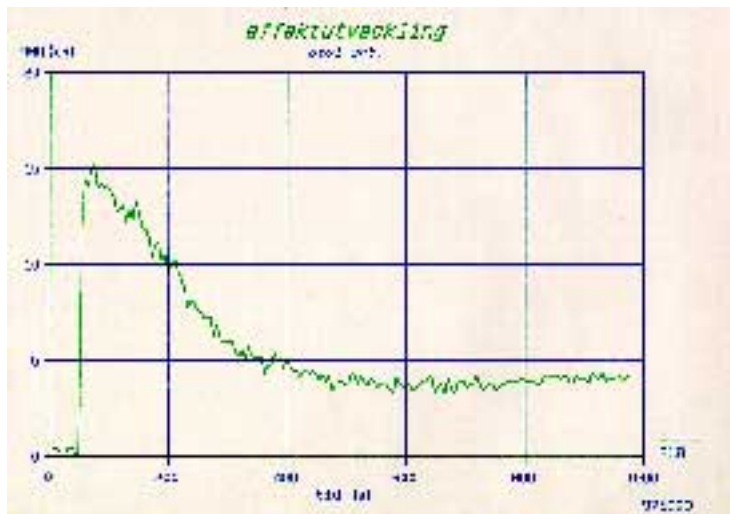
Fåtöljen har inget tyg på madrasserna. Detta medför troligtvis att fåtöljen som används i försöken brinner snabbare än en fåtölj med tyg.

2.4 Konkalkorimetertest med antändningskällan

Konkalkorimetertest utfördes för antändningskällan, Vid försöket mättes

- Effektutvecklingen
- Kolmonoxidproduktionen
- Koldioxidproduktionen
- Optisk densitet

Effektutvecklingen hos tändkällan redovisas i figur 2.4.1



Figur 2.4.1 Effektutvecklingen hos tändkällan

Effektutvecklingen för tändkällan understeg 20 kW. Denna effektutveckling är så låg i förhållande till fåtöljen som har en effektutveckling på ca 1,2 MW att tändkällans bidrag till effektutvecklingen har försumrats i alla försök.

2.5 Plungetest

Plungetest utfördes för sprinklerhuvudet vid brandtekniks laboratorium för att avgöra hur snabb sprinklern är. Sprinklerns snabbhet mäts med dess RTI värde, ju lägre RTI-värdet ett sprinklerhuvud har desto snabbare är sprinklern. Vid de första försöket vändes sprinklerhuvudet så oket på sprinklerhuvudet var parallella med den varma luftström som passerar sprinklerhuvudet. Denna placering av sprinklerhuvudet ger den längsta aktiveringstiden. Det andra testet utfördes med oket vinkelrätt mot det varma luftflödet.



Bild 2.5.1 Oket vinkelrätt mot luftflödet och parallellt med det

Sprincklerhuvudet fick i våra test RTI-värdet $111 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ när luftflödet var parallellt med oket och $35 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ när oket var vinkelrätt mot luftflödet. För vidare information om Plungetest se appendix 1. Vid brandförsöken skuggade oket sprincklerbulben så att RTI-värdet på $111 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ är det mer riktiga värdet på sprincklerns snabbhet vid försöken.

3 Försök Brandorama

Försöken i Brandorama utfördes eftersom det inte hade utförts försök där två stycken gasanalyser använts och där den ena är placerad i brandgaslagret och den andra nedanför. I försöken har en mätpunkt varit 220 centimeter ovanför golvet och den andra 60 centimeter ovanför golvet i brandrummet. Denna försöksuppställning är intressant ur flera olika perspektiv. För det första kan en sådan försöksuppställning visa om sprinklern blandar om brandgaslagret. I denna rapport antas brandgaslagret bli omblandat om gaskoncentrationerna av koldioxid och kolmonoxid är ungefär lika stora på de två olika höjderna efter sprinkleraktivering. För att kunna dra denna slutsats måste det sprinklade försöket också jämföras med det osprinklade försöket eftersom brandgaslagret kan ha sjunkit så lågt innan sprinkleraktivering att båda gasmätarna befinner sig i brandgaslagret

I försöken har ett träd med åtta stycken termoelement som är placerade på olika höjder använts. Trädet med termoelement ger även en vägledning hur brandgaslagret påverkas av sprinkleraktiveringen. Blir temperaturen ungefär lika i höjddled och detta ej är fallet för det osprinklade brandscenariot antas brandgaslagret vara väl omblandat efter sprinkleraktivering. Problemet med termoelementen är att de kan bli träffade av vatten och då visa en felaktig brandgastemperatur. För att förhindra att vattendroppar träffar termoelementen installerades en plåtprofil framför termoelementsträdet så att vattendroppar inte kunde träffa termoelementen direkt. Termoelementen undersöktes efter varje försök för att kontrollera att de ej hade blivit blöta.

Fördelen med att använda två gasanalyser är den att det går att undersöka om det går att krypa längs golvet i brandrummet och klara sig. Denna information förloras om bara en mätpunkt används vilket är vanligt vid sprinklerförsök. Mätpunkten som normalt används är 1,5 meter.

Nackdelen med två gasanalyser på de höjderna som nämnts är att försöksuppställning inte visar koncentrationerna av brandgaser i huvudhöjd när den högsta mätpunkten är 220 centimeter ovanför golvet. Brandgaslagrets höjd har dock visuellt uppskattats under försöken och koncentrationen inom brandgaslagret antas vara konstant om ej båda mätarna finns i brandgaslagret.

3.1 Brandrummet

Brandrummet har dimensionerna $4,2 \times 3,4 \times 2,55 \text{ m}^3$. Längs väggen som är 4,2 meter lång är det fönster med brandteknisk klass så att brandförloppet kan studeras genom dessa fönster under försöken. Det finns en dörr med dimensionerna $2 \times 1 \text{ m}^2$ från brandrummet som leder ut i det fria.

Brandrummet är utrustad med en öppningsarea på $0,5 \text{ m}^2$ som antingen kan vara stängd eller öppen. I alla försök som utförts i denna rapport har öppningen varit öppen.

Brandrummet är utrustat med en mekanisk till- och frånluftsanläggning som kan användas för att bestämma effektutvecklingen vid försök. Den mekaniska ventilationen stör försöken genom att ändra luftflödena i brandrummet och därför har ventilationen endast använts vid försök där brandeffekten ska bestämmas.

Brandrummet är utrustad med bl.a. en automatisk sprinkleranläggning som använts vid de försök som är sprinklade. Röret ut till sprinklerhuvudet utrustades med en strypventil för att kunna reglera vattenflödet. Strypventilen användes för att kalibrera vattenflödet till det dimensionerande vattenflödet för sprinklern. Vattenflödet kalibrerades innan varje försök beroende på tryckvariationer i det kommunala vattenledningsnätet.

I taket inne i brandrummet fanns det en del plattor som kan ha stört sprinklersprayen under de sprinklade försöken. Detta är troligtvis närmare verkligheten eftersom lysarmaturer etc. kan störa sprinklersprayen i ett bostadsrum.

3.2 Hur olika parametrar mättes under olika försök

3.2.1 Temperaturmätning

Temperaturen mättes vid försöken med hjälp av åtta stycken termoelement som är utplacerade på höjderna 245, 232, 222, 200, 180, 137, 96, 38 cm höjd över golvet i brandrummet.

Termoelementen har under försöken skyddats mot att vatten ska träffa dem med hjälp av en stålprofil som var c:a 10 cm bred och 2,55 meter lång. Profilen fästes i taket mellan termoelementen och sprinklerhuvudet. På detta sätt skyddades termoelementen från att bli träffade direkt av vattendropparna från sprinklern.

3.2.2 Produktion av brandgaser

Produktionen av brandgaser mättes med hjälp av två stycken syre, kolmonoxid och koldioxid mätare. Gaserna inne i brandrummet sögs ut med hjälp av två kopparrör som placerats på höjderna 220 cm och 60 cm ovanför golvet. Insuget i kopparrören placerades 56 cm från väggen för att förhindra att gaser från takstrålen som träffar väggen ska sugas in. Det övre insuget har placerats mer än 30 cm från taket för att förhindra att det sugas in gaser från takstrålen /1/.

Kopparrörens öppningar var riktade nedåt för att förhindra att vatten skulle träffa öppningen och sugas in.

3.2.3 Strålning

Strålningen från brandgaslagret mättes med hjälp av en strålningsmätare som mätte upp till 50 kW i försök 2 och 4 för att sedan bytas ut mot en 10 kW mätare i de övriga försöken. Strålningsmätaren byttes ut för att den första mätaren inte gjorde utslag vid försöken. Det måste ha varit något fel på strålningsmätaren eftersom den inte i något av försöken gjorde utslag.

Strålningsmätaren placerades uppåtriktad ungefär 15 cm ovanför golvet.

3.2.4 Vattenflöde

Vattenflödet kalibrerades före varje försök med hjälp av en 20 liters plastbehållare och ett avsågat sprinklerhuvud. Vatten fick flöda fritt genom sprinklerhuvudet i 20 sekunder därefter stängdes sprinklervattnet av och vattenvolymen mättes. För att sprinklern ska ge rätt vattenflöde 57 liter/minut (15 Gallons) ska det finnas 19 liter i plastbehållaren. Täckytan för angivet vattenflöde gäller vid en täckyta på 15 × 15 fot (4,57 × 4,57 m).

3.2.5 Massförlust

Massförlusten mättes med lastceller som hade placerats i en stålram. Lastceller är en typ av våg. Lastcellerna var tre stycken och placerades i en triangel under stålramen som stolen stod på.

En av lastcellerna var konstruerad för en belastning på 100 kg medan de övriga två var konstruerade för 10 kg. Lastcellerna tål inte vatten eller för mycket värme och måste därför isoleras. Isolering lades runt lastcellerna och ovanför plattan så att stolen stod på en heltäckande hård isolering. Vid försöken kan isoleringen legat mot lastcellerna och därmed stört vägningen av fåtöljen. Detta var svårt att observera under försöken.

3.2.6 Massan på madrasserna innan antändning

Madrasserna vägdes innan varje försök. Vågen som madrasserna vägdes på hade en osäkerhet på 1 gram.

3.2.7 Tiden till sprinkleraktivering

Tiden till sprinkleraktivering mättes med ett tidtagarur.

3.2.8 Brandgaslagrets höjd

Brandgaslagrets höjd uppskattades okulärt under försöken med hjälp av en skala som placerats utanför fönstrena intill brandrummet.

3.2.9 Sprinklerns påverkan på brandeffekten

Sprinklerns påverkan på effekten uppskattades visuellt under försöket. Tid vid halva effekten och släckning uppskattades. Uppskattningen av effekten var mycket svår att utföra beroende på att rummet blev fyllt med svart rök. Det var då omöjligt att se hur stor branden var.

Då sprinklern uppskattades ha släckt branden stoppades vattenflödet till rummet och brandgaserna vädrades ut ur brandrummet. När fåtöljen blev synlig uppskattades kvarvarande mängd av den.

3.3 Försöksuppställning försök 1 och 2

Försök 1 och 2 var försök där brandeffekten hos fåtöljen skulle mätas då den brann i brandrummet. Effektmätningen utfördes med hjälp av den mekaniska ventilationen som finns i Brandorama.

Under försöken mättes

- Massförlust hos madrasserna
- Hastighet, syrekoncentration och temperatur hos brandgaserna som sögs ut ur brandrummet

Fåtöljen placerades i ett hörn enligt bild 3.1.



Bild 3.1 Fåtöljens placering i ett hörn

3.4 Försöksuppställning försök 3 till 9

Försöken var både sprinklade och osprinklade. Ventilationen i brandrummet var en öppningsarea på 0,5 m² som var placerad i golvnivå förutom i försök 9 där även dörren ut var öppen. Den mekaniska ventilationen var avstängd under alla försök.

Under försöken mättes

- Massförlust hos madrasserna
- Kolmonoxid, koldioxid och syrekoncentrationen på 60 och 220 centimeters höjd över golvet.
- Temperaturen i brandgaslagret m.h.a. termoelement
- Strålningsnivån mot golvet
- Brandgaslagrets höjd
- Tiden till sprinkleraktivering i de fall sprinkler användes
- Hur mycket vatten som träffar golvet i vissa givna mätpunkter vid försök 5,7 och 8
- Hur mycket som var kvar av madrasserna uppskattades efter försökets avslutats

Det blev problemet med uppskattningen av hur mycket som var kvar av madrasserna efter sprinklade försöken. Sprinklern släckte inte branden i något av de sprinklade försöken. När det gick att se hur mycket som var kvar av madrassen hade sprinklern varit avstängd i ungefär en minut. Branden hade då kunnat öka i effekt och mer madrass brunnit bort än vad som hade hänt om sprinklern fortfarande varit i gång. Därför finns endast i enstaka försök uppgifter om hur stor del av madrasserna som fanns kvar när försöken avslutats.

Fåtöljen var placerad i hörnet som i försök 1 och 2 förutom i försök 7 där den placerades mitt i rummet.

Hur mycket vatten som träffade golvet mättes med hjälp av plastmuggar som placerats ut i ett rutmönster på golvet. Vattnet i muggarna vägdes efter försöken.

Sprinklerhuvudet hade vänts så att oket var parallellt med riktningen från sprinklerhuvudet till fåtöljen. Detta ger att sprinklern var skuggad för takstrålen i alla försök och detta medför den längsta aktiveringstiden enligt plungetesten som utförts (RTI c:a 110 m^{1/2}s^{1/2}).

3.5 Försöksuppställning försök 10

Vid försök 10 mättes hur mycket vatten som träffade golvet i olika punkter utan brand. Plastmuggarnas placering var samma som i försök 5, 7 och 8.

3.6 Försök 1

3.6.1 Försöksbeskrivning

Fåtöljens placering och vilka parametrar som mättes framgår av avsnitt 3.2. Antändningen skedde på sittdynan där armstödet och ryggstödet möttes. Se bild 3.1.2.

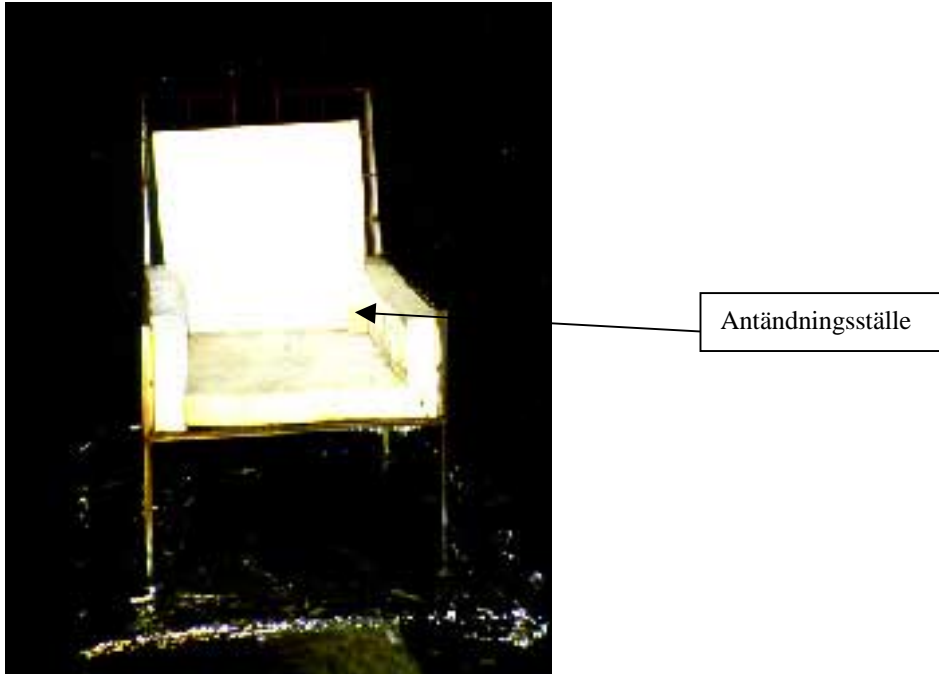


Bild 3.1.2 Försöksuppställning försök 1.

Effektutveckling mättes med hjälp av Brandoramas mekaniska ventilation. Effektutvecklingen bestäms här med enbart syrereduktionen vilket ger en osäkerhet av effektutvecklingen på +/- 25%/2/. Syre antas utveckla en effekt av 13,1 MJ/kg syre /3/

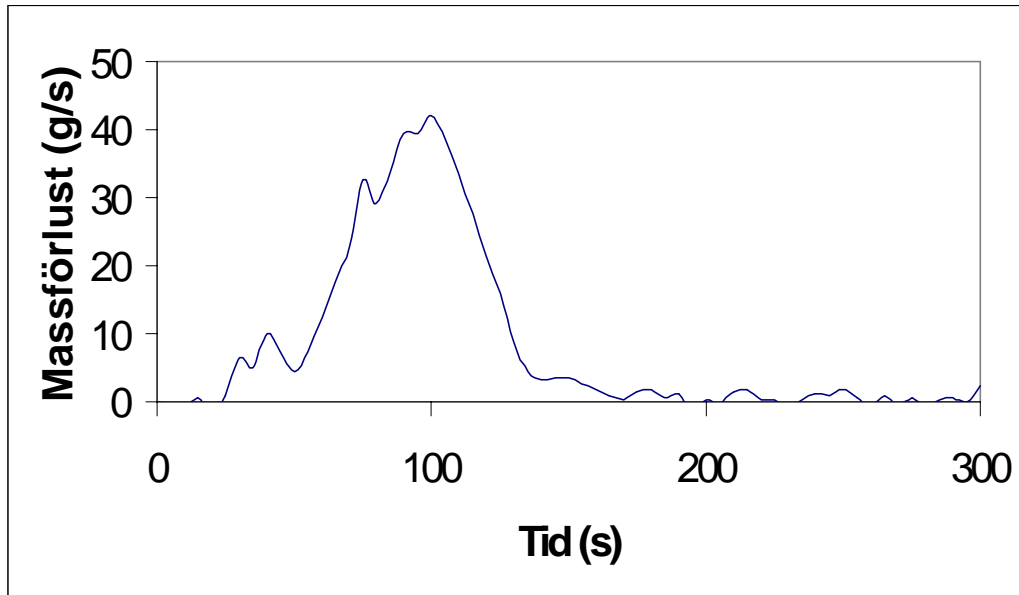
Under försök 1 mättes förutom effektutvecklingen också produktionen av kolmonoxid, koldioxid och reduktionen av syre i brandgaslagret med hjälp av gasanalysatorn som var placerad på 2,20 meter över golvet. Massförlusten mättes med hjälp av lastcellerna. Madrassbitarna vägde innan antändning 2,8 kg.

3.6.2 Syftet med försök 1

Försök 1 hade som mål att bestämma fåtöljens effektutveckling då den brann i brandrummet. Effekten mättes både med analys av brandgaserna och massförlusten. Effekten mättes på två olika sätt för att se överensstämmelsen mellan de två olika metoderna. Kan massförlusten användas för att bestämma effektutvecklingen kan massförlusten användas för att bestämma effektutvecklingen fram till sprinklerutlösning.

3.6.3 Utdata från försök 1

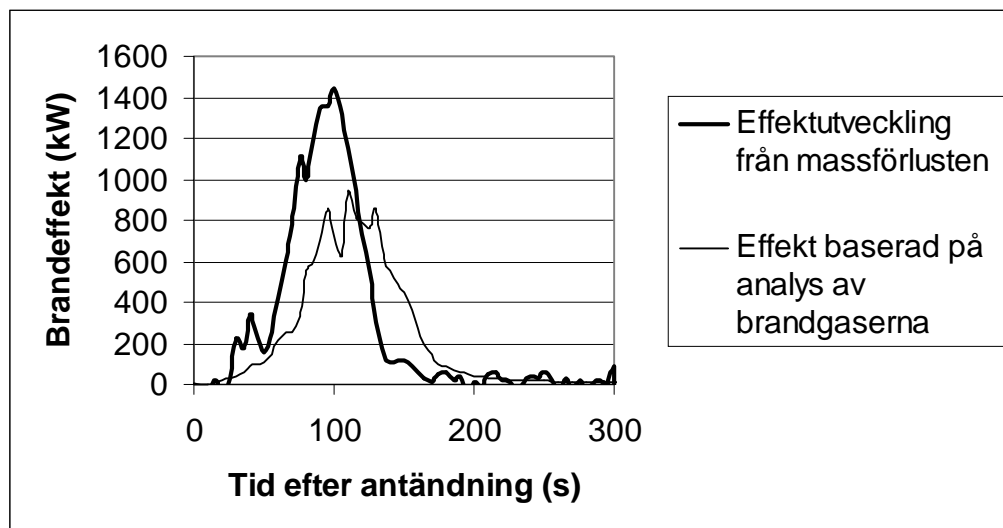
Massförlusten för fåtöljen framgår av figur 3.1.1



Figur 3.1.1 Massförlusten hos fåtöljen.

Massförlusten hos fåtöljen stämmer inte helt med vikten hos madrasserna innan försöket. Detta kan förklaras med hjälp av att vågen har en osäkerhet på minst 100 gram samt att en del av madrasserna droppade ned på mineralullsskivan. På mineralullsskivan förbrändes inte all plast.

Effektutvecklingen och för fåtöljen framgår av figur 3.1.2



Figur 3.1.2 Effektutvecklingen för fåtöljen baserad på massförlusten hos fåtöljen.

Figur 3.1.2 jämför effektutvecklingen som beräknas antingen med massförlusten eller med ventilationsanläggningen. Effektutvecklingen stämmer bra överens och effektmätningen i

Brandorama släpar efter beroende på att massförlusten mäts direkt medan syremätningen i kanalen blir fördröjd p.g.a. att brandgaserna måste transporteras till gasanalysatorn.

3.6.4 Slutsats av försök 1

Effektutvecklingen hos fåtöljen i brandrummet är något högre än vad den var vid försöket i konkalorimetern på LTH. Detta kan förklaras fysikaliskt genom att brandgaslagret strålar värme mot fåtöljen och bör således ge en större produktion av brännbara gaser.

3.7 Försök 2

3.7.1 Försöksbeskrivning

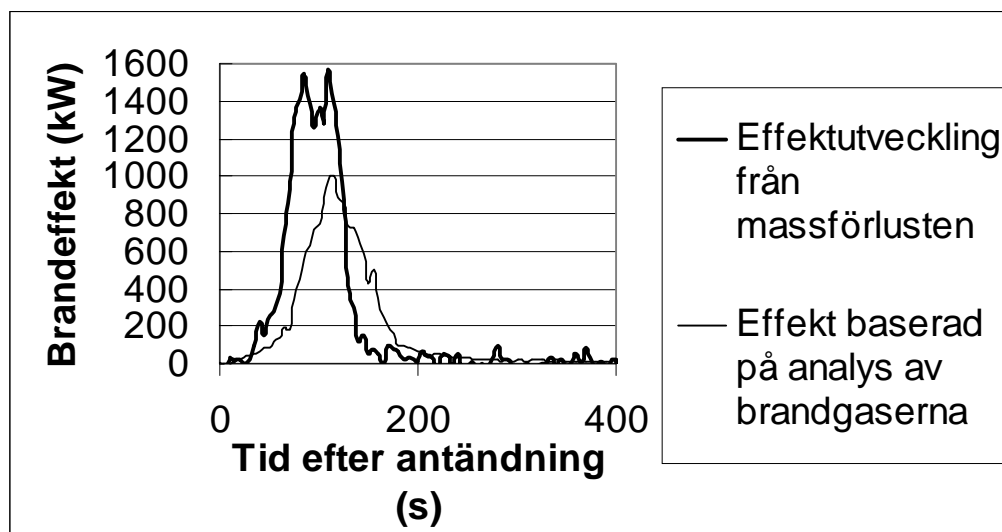
Försöket utfördes för att bestämma effektutvecklingen för fåtöljen då den var placerad i ett hörn med antändning på baksidan av fåtöljen. Mekanisk ventilation användes. För ytterligare uppgifter om försöksuppställningen hänvisas till avsnitt 3.2.

3.7.2 Syftet med försök

Syftet med försöket var samma som i försök 1 (se avsnitt 3.6.1) med den enda skillnaden att fåtöljen antändes på baksidan.

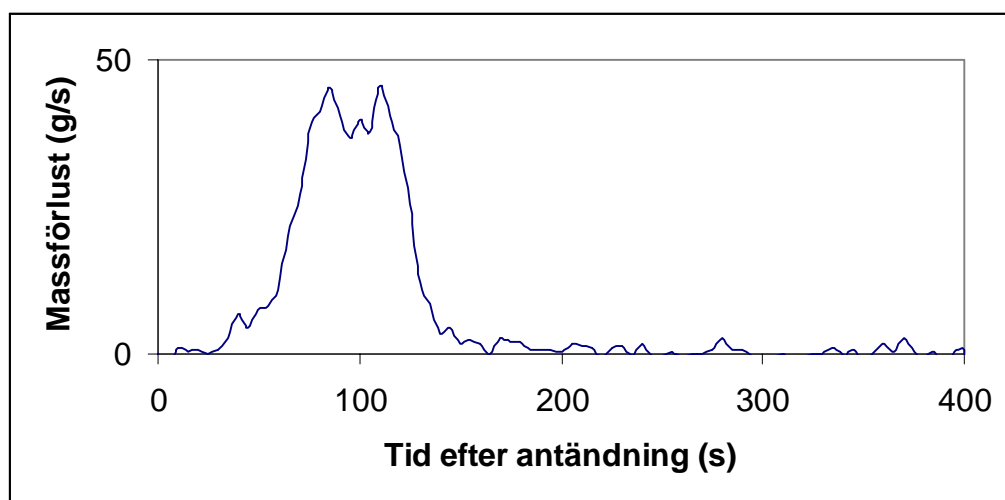
3.7.3 Utdata från försök

Fåtöljens effektutveckling framgår av figur 3.2.1 där en jämförelse mellan effekten uträknad med hjälp av massförlusten och syrekoncentrationen redovisas.



Figur 3.2.1 Effektutvecklingen för fåtöljen baserad på massförlusten hos fåtöljen.

Effektutvecklingen stämmer inte så bra överens som i försök 1. Arean under kurvorna stämmer dock relativt bra överens. Det går inte att jämföra momentanvärdena av effektutvecklingen mellan de två olika mätsätten. Effektutvecklingen med ventilationen beror på hur mycket brandgaser som sugts ut ur brandrummet. Understiger utsuget plymflödet fås ett mer långdraget förlopp med högre effekt än vad som verkligen är fallet. Överstiger flödet ut ur rummet plymflödet fås en bättre överensstämmelse.



Figur 3.2.2 Massförlusten hos fåtöljen.

3.7.4 Slutsats från försök

Effektutvecklingen hos fåtöljen när antändning sker på baksidan av fåtöljen är mellan 1,0 och 1,6 MW beroende på osäkerheter i effektmätningen.

3.8 Försök 3

3.8.1 Försöksbeskrivning

Försök 3 var ett osprinklat försök med antändning på framsidan av fåtöljen. Antändningsställe och fåtöljens placering samt vilka parametrar som mättes framgår av avsnitt 3.4. Försöket avbröts efter 600 sekunder.

3.8.2 Syftet med försök 3

Försök 3 genomfördes för att kunna jämföras med ett likadant uppställt försök fast sprinklat. Försöket genomfördes också för att brandgasanalysen för sprinklat jämfört med osprinklat skulle kunna avslöja hur sprinklern påverkar brandgaslaget.

3.8.3 Utdata från försök 3

Försöket avbröts efter 10 minuter då den eventuellt brinnande fåtöljen släcktes med ett ultrafogsysteem. Om fåtöljen brann eller inte gick inte att se p.g.a. de svarta brandgaserna.

Brandgaslagrets höjd uppskattades visuellt med 20 sekunders intervall efter antändning.

Tid efter antändning (s)	Uppskattad höjd över golvet (m)
0	-
20	Brandgaslager har ej bildats
40	1,8
60	1,3
80	0,7
100	0,5
120	0,3
140 till 600	0

Tabell 3.3.1 Brandgaslagrets höjd över golvet

Brandrummet fylldes snabbt med en tjock svart rök. De maximala koncentrationerna av brandgaserna kolmonoxid, koldioxid framgår av tabell 3.3.2 där även den lägsta syrekoncentrationen redovisas.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,22	120
Kolmonoxid 60 cm	0,25	125
Koldioxid 220 cm	9,3	135
Koldioxid 60 cm	9,7	125
Syre 220 cm	8,0	135
Syre 60 cm	<10	115

Tabell 3.3.2 Koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre i brandrummet

Koncentrationen av koldioxid, kolmonoxid och syre är ungefär lika stor både vid 60 centimeters höjd och vid 220 centimeters höjd.

Koncentrationen av kolmonoxid når sitt maximala värde efter ungefär två minuter för att sedan långsamt avta och efter tio minuter ha en koncentration på ungefär 0,1 volymprocent.

Koldioxiden stiger till c:a tio volymprocent för att sedan avta nästan rätlinjigt till 3-4 volymprocent efter tio minuter efter antändning.

Syrekoncentrationen sänks till under tio procent vid ungefär två minuter och syrekoncentrationen ökar sedan långsamt för att vid slutet av försöket ha en koncentration på 16 till 19 volymprocent.

De högsta temperaturerna i brandrummet redovisas i tabell 3.3.3.

Termoelementets höjd över golvet (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	310	100
96	198	110
38	131	130

Tabell 3.3.3 Temperaturen i brandrummet

Temperaturfördelningen i rummet var relativt jämt fördelad ner till termoelementet som var placerad på 137 centimeters höjd över golvet. Det var mindre varmt vid termoelementen vid 96 centimeter och 38 centimeter. Temperaturen steg upp till maximala värdet för att sedan minska och vid tiden 235 sekunder understiga 100 °C i hela termoelementträdet. För mer information om försöket hänvisas till appendix 3

3.7.4 Slutsatser försök 3

När hela brandrummet är fyllt av brandgaser är koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre ungefär lika stora både vid 60 centimeters höjd och vid 220 centimeters höjd. Detta tyder på att koncentrationen är jämnt fördelad inom brandgaslagret.

Temperaturen är ganska jämnt fördelad i rummet vid ett helt brandgasfyllt rum, endast de två lägsta termoelementen hade en betydligt lägre temperatur.

Koncentrationerna i brandrummet sänks efter ett tag i brandrummet. Sänkningen beror troligtvis på att den varma luften i brandrummet kyls av väggarna och då minskar brandgaserna i volym. Detta medför att det blir ett undertryck i rummet och frisk luft fylls på.

3.8 Försök 4

3.8.1 Försöksbeskrivning

Försök 4 var ett osprinklat försök med antändning på baksidan av fåtöljen. Fåtöljen var placerad i ett hörn. För närmare beskrivning om fåtöljens placering och vilka parametrar som mättes under försöket hänvisas till avsnitt 3.4. Försöket avbröts efter 800 sekunder.

3.8.2 Syftet med försök 4

Syftet med försöket var att kunna jämföras med ett sprinklat försök där sprinklernas vatten inte träffar hela brandytan.

3.8.3 Utdata från försök 4

Brandgaslagrets höjd observerades under försöket till

Tid efter antändning (s)	Uppskattad höjd över golvet (m)
0	-
20	Brandgaslager har ej bildats
40	1,8
60	1,4
80	0,8
100	0,4
120-480	0
480-800	0,4

Tabell 3.4.1 Brandgaslagrets höjd

Brandrummet rökfylls ungefär lika snabbt som försök 3 där antändningen skedde på framsidan av fåtöljen.

Den maximala koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid framgår av tabell 3.4.2.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,081	140
Kolmonoxid 60 cm	0,075	145
Koldioxid 220 cm	7,5	145
Koldioxid 60 cm	8,1	155
Syre 220 cm	10,7	145
Syre 60 cm	11,2	150

Tabell 3.4.2 Koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre i brandrummet

Koncentrationerna av koldioxid, kolmonoxid och syre är ungefär lika stora då brandrummet är helt fyllt med brandgaser.

Koncentrationen av kolmonoxid når sitt maximala värde efter ungefär två och en halv minut. Koncentrationen sjunker sedan för att vara ungefär 0,03 volymprocent vid slutet av försöket. Koldioxiden når sin maximala koncentration efter ungefär två och en halv minut. Efter detta sjunker koncentrationen långsamt ned till två till tre volymprocent vid slutet av försöket.

Syrekoncentrationerna når sitt bottenvärde efter ungefär två och en halv minut, sedan börjar koncentrationen långsamt öka för att vid slutet av försöket vara mellan 17 och 18 volymprocent.

Temperaturen i brandrummet fick följande maximala värden

Termoelementets höjd (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	301	115
96	198	115
38	122	125

Tabell 3.4.3 Temperaturen i brandrummet

Temperaturen i brandrummet är ganska lika för termoelementet på 137 centimeters höjd och uppåt men lägre för termoelementen på 38 och 96 centimeters höjd. Temperaturen avtar långsammare än de ökade och efter 250 sekunder är temperaturen i brandrummet under 100 °C för alla termoelement. För vidare information och utförligare presenterade data hänvisas till appendix 4.

3.8.4 Slutsats från försök 4

Koncentrationerna av koldioxid, kolmonoxid och syre är ungefär lika stora om hela brandrummet är fyllt med brandgas.

Temperaturen kan vara betydligt lägre nära golvet även om brandrummet är fyllt med brandgas.

Koncentrationerna av syre, koldioxid överstiger betydligt NKB:s bestämmelser angående maximalt tillåten koncentration som en människa får utsättas för vid en brand. Temperaturen i brandrummet överstiger vida de temperaturer som tillåts enligt BBR (80 °C i de ställen där personer kan vistas.)

3.9 Försök 5

3.9.1 Försöksbeskrivning

Försök 5 är ett sprinklat försök med samma uppställning som försök 3. Detta innebär att fåtöljen är placerad i ett hörn samt att antändningen sker på framsidan av fåtöljen. Antändningsstället innebär att sprinklernas vatten direkt kan träffa brandytan på fåtöljen. Under försöket var även plastmuggar utplacerade symmetriskt i brandrummet för att mäta mängden vatten som träffar golvet. Försöket pågick i 410 sekunder och sedan stängdes vattnet av p.g.a. att lastcellerna tog upp sin maximala last.

3.9.2 Syftet med försök 5

Syftet med detta försök är att jämföra ett sprinklat brandscenario med ett osprinklat. Vidare är syftet att försöket även ska ge underlag till en bedömning hur sprinklern påverkar brandgaslagret. Detta försök ska även jämföras med försök 7 där placeringen av stolen ändras till mitten i rummet.

Plastmuggarna var utplacerade för att undersöka hur branden påverkar vattenspridningen i rummet.

Under försöket uppskattades tiden tills dess att sprinklern hade halverat effekten och tiden till släckning.

3.9.3 Utdata från försök 5

Sprinklern aktiverade en minut och fyra sekunder efter antändning. Brandgaslagret hade då en höjd på ungefär en meter över golvet.

Brandgaslagret når golvet snabbt efter sprinkleraktivering och ligger kvar i golvnivå tills försöket avbryts.

Tid efter antändning (s)	Uppskattad höjd över golvet (m)
0	-
20	Brandgaslager har ej bildats
40	1,6
60	1,1
80-410	0

Tabell 3.5.1 Brandgaslagrets höjd

De maximala/minimala koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid samt syre framgår av tabell 3.5.2. Värderna inom parentes gäller för försök 3 som är samma scenario fast osprinklat.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,035 (0,22)	410 (120)
Kolmonoxid 60 cm	0,046 (0,25)	350 (125)
Koldioxid 220 cm	4,3 (9,3)	75 (135)
Koldioxid 60 cm	3,2 (9,7)	145 (125)
Syre 220 cm	14,9 (8,0)	75 (135)
Syre 60 cm	17,4 (<10)	145 (115)

Tabell 3.5.2 Gaskoncentrationer vid sprinklat försök och osprinklat försök. Det osprinklade försökets mätdata presenteras inom parentes.

Koncentrationerna av koldioxid minskar långsamt efter sprinkleraktivering.

Koncentrationerna av kolmonoxid ökar långsamt ju längre branden varar.

Syrekoncentrationen på 60 centimeters höjd är ganska konstant (inom 1 volymsprocents skillnad) efter sprinkleraktivering. Syrekoncentrationen vid 220 centimeters höjd ökar långsamt efter sprinkleraktivering.

Koncentrationerna av koldioxid är relativt konstant efter sprinkleraktiveringen.

De maximala temperaturerna i brandrummet redovisas i tabell 4.5.3 där även de maximala temperaturerna för det osprinklade brandscenariot försök 3 redovisas inom parentes.

Termoelementets höjd (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	232 (310)	70 (100)
96	57 (198)	65 (110)
38	32 (131)	125 (130)

Tabell 3.5.3 Temperaturen i brandrummet

Temperaturen på termoelementet placerat 38 centimeter ovanför golvet är troligtvis lite missvisande då detta termoelementet var blött efter försöket. Temperaturen på termoelementet på 96 centimeters höjd är dock endast något högre så troligtvis är den missvisande temperaturen särskilt fel. Temperaturerna i brandrummet är lägre eller mycket lägre i det sprinklade försöket än i det osprinklade.

Sprinklernas påverkan på brandeffekten uppskattades under försöket okulärt. Två minuter efter antändningen uppskattades brandeffekten vara hälften av vad den varit vid sprinkleraktiveringen. Efter sex minuter uppskattades branden vara släckt eftersom det inte gick att se några lågor. När sprinklern sedan stängdes av visade sig det vara så att branden inte var släckt utan att den flammade upp igen. Det tog ungefär en halv minut innan flammor började synas efter det att sprinklersystemet stängts av och dörren ut öppnats. Lågorna var då c:a 20 centimeter höga både på vänstra och högra armstödet. Branden ökade sedan i intensitet. När stolen blev synlig (efter c:a en minut) efter sprinklersystemets avstängning så var hela ryggstödet bortbrunnet, men större delen av högra armstödet var kvar samt lite mer än hälften av det vänstra armstödet. För vidare information om försöket hänvisas till appendix 5.

3.9.4 Slutsats från försök 5

Slutsatsen från detta försök är att alla kriterier från NKB angående gaskoncentrationer uppfylls i brandrummet förutom syrekoncentrationen som är 0,1 volymprocent under NKB bestämmelser. Temperaturen överstiger 200°C under maximalt 20 sekunder. Strålningen mot golvet är då maximalt c:a 3,7 kW/m². Värmestrålningen har uppskattats med att all strålning från brandgaslagret träffar en person. Resultatet av överslagsberäkningen är på säkra sidan.

Värmestrålningen överstiger riktvärdena i BBR något eftersom strålningsdosen mot en person kommer att överstiga 60 kJ/m². Beräkningarna är dock på säkra sidan och värmestrålning från de delarna av brandgaslagret som är varmest kan absorberas till en viss del av de något kallare delarna av brandgaslagret som är längre ned i brandrummet. Detta ger att det inte är säkert att BBR riktlinjer för maximal värmestrålning överskrids. Överskrids BBR:s riktvärden är det endast med en liten del. En person överlever troligtvis eftersom en överskridning av kritiska förhållanden inte är samma sak som en person avlider vid den strålningsdosen.

3.10 Försök 6

3.10.1 Försöksbeskrivning

Fåtöljen placeras i ett hörn och antändningen sker på baksidan av fåtöljen. Exakt placering och vilka parametrar som mäts under försöket framgår av avsnitt 3.4. Försökets längd var 570 sekunder.

3.10.2 Syftet med försök 6

Syftet med detta försök var att jämföra det med det osprinklade försöket 4 samt med försök 5 där sprinklernas vatten direkt kan träffa brandytan. Sprinklernas vatten kan inte direkt träffa brandytan i detta fall eftersom ryggstödet är i vägen. Försöket ska även jämföras med försök 7 där brandkällans placering ändras.

3.10.3 Utdata från försök 6

Sprinklern aktiveras efter 91 sekunder. Brandgaslagret har då en höjd på ungefär en meter. Brandgaslagrets höjd framgår av tabell 3.6.1

Tid efter antändning (s)	Uppskattad höjd över golvet (m)
0	-
20	Brandgaslager har ej bildats
40	(1,8)
60	1,4 (1,4)
80	1,2 (0,8)
100	0,8 (0,4)
120	0,3 (0,3)
140	0 (0)
160 – 570	0 (0)

Tabell 3.6.1 Brandgaslagrets höjd. Värden inom parentes är brandgaslagrets höjd vid det osprinklade försöket 4.

Brandgaslagret fyller rummet långsammare i försök 6 innan sprinkleraktivering än i det osprinklade försöket nummer 4. Detta är ingenting som sprinklern påverkar utan att detta måste bero på att fåtöljen brinner långsammare i försök 6.

De högsta koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid framgår av tabell 4.6.2 där det även ingår den lägsta syrekoncentrationen under försöket. Värdena inom parentes är de koncentrationer som uppmättes vid det osprinklade försöket nummer 4.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,054 (0,081)	155 (140)
Kolmonoxid 60 cm	0,048 (0,075)	265 (145)
Koldioxid 220 cm	3,4 (7,5)	100 (145)
Koldioxid 60 cm	3,1 (8,1)	175 (155)
Syre 220 cm	16,2 (10,7)	100 (145)
Syre 60 cm	17,4 (11,2)	175 (150)

Tabell 3.6.2 Koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre i brandrummet

Koncentrationen av koldioxid och kolmonoxid blir ungefär lika stor ca 30 sekunder efter sprinkleraktivering. Koncentrationen av syre blir ungefär lika stor ca 1 minut efter sprinkleraktivering.

De högsta temperaturerna i brandrummet framgår av tabell 3.6.3. Värdena inom parentes är för det osprinklade försöket 4.

Termoelementets höjd (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	180 (301)	95 (115)
96	38 (198)	120 (115)
38	32 (122)	160 (125)

Tabell 3.6.3 Temperaturen i brandrummet

Temperaturen i brandrummet sänks snabbt efter sprinkleraktivering. Alla termoelement visar en temperatur på under 100 °C efter 125 sekunder.

3.10.4 Slutsats från försök 6

Alla NKB:s bestämmelser för gaskoncentrationer uppfylls för det sprinklade försöket. Temperaturen understiger 80 °C för en person som ligger och sover i en säng. Det osprinklade försöket uppfyller endast kravet på kolmonoxidnivån.

Koncentrationen av giftiga gaser samt syreinnehållet i brandrummet blir konstant ca 30 sekunder efter sprinkleraktivering.

Temperaturen sänks snabbt i brandrummet efter sprinkleraktivering.

3.11 Försök 7

3.11.1 Försöksbeskrivning

Fåtöljen placeras i mitten av rummet och antändningen sker på framsidan av fåtöljen. Vid försöket har plastmuggar placerats ut för att mäta vattendistributionen av sprinklern när denna har utlöst. Exakt placering och vilka parametrar som mäts vid försöket framgår av avsnitt 3.4.

3.11.2 Syftet med försök

Syftet med detta försök är att se hur fåtöljens placering påverkar sprinkleraktiveringstiden samt om brandkällans placering ändrar vattendistributionen. Detta försök ska jämföras med försök 5, 8 och 10 där distributionen av vatten också mäts.

3.11.3 Utdata från försök

Sprinklern aktiveras efter 41 sekunder och brandgaslagret har då en höjd på c:a 1,5 meter över golvet.

Eftersom sprinklern aktiveras så tidigt bildas inte ett brandgaslager som rör sig nedåt i rummet utan brandrummet fylls med en ”dimma” som blir tätare och tätare ju längre försöket pågår.

Maximala koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid samt lägsta koncentrationen av syre redovisas i tabell 3.7.1.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,11	930
Kolmonoxid 60 cm	0,11	965
Koldioxid 220 cm	1,9	595
Koldioxid 60 cm	2,3	730
Syre 220 cm	18,2	595
Syre 60 cm	18,4	845

Tabell 3.7.1 Koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre i brandrummet

Koncentrationen kolmonoxiden är ungefär lika stor efter 130 sekunder.

Koldioxidkoncentrationen blir vid 60 centimeters och 220 centimeters höjd över golvet ungefär lika stor efter 180 sekunder. Koldioxid halten för 60 centimeters höjd blir något högre än vid 220 centimeters höjd efter ungefär 560 sekunder. Koldioxidhalten är som mest ungefär en halv volymsprocent högre vid 60 centimeters höjd.

Syrekoncentrationen är ungefär lika stor för de båda höjderna genom hela försöket. Dock är koncentrationen av syre vid 60 centimeters höjd ungefär en halv volymsprocent högre vid större delen av försöket.

Temperaturerna i brandrummet framgår av tabell 3.7.2.

Termoelementets höjd (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	81	45
96	26	200
38	25	205

Tabell 3.7.2 Temperaturen i brandrummet

Temperaturerna på höjderna 222 centimeter och uppåt följs åt hela brandförloppet och temperaturerna vid 200centimeter och lägre följs också åt under hela brandförloppet. Temperaturen i brandrummet blir ungefär lika stor i höjddled efter 250 sekunder (c:a 30 °C).

Tiden till dess att sprinklern har halverat effekten är väldigt svår att förutsäga.

Efter sprinklersystemet stängts av visade det sig att branden inte blivit släckt av sprinklern utan sprinklern hade kontrollerat branden. Efter ungefär en halv minut uppskattades att c:a 80 % av sittdynan, 90 % av högra armstödet och 75 % av det vänstra armstödet var kvar. Hela ryggstödet var bortbrunnet.

3.11.4 Slutsats från försök

En snabbare sprinkleraktivering ger betydligt lägre temperaturer i brandrummet.

Koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid ökar långsamt efter sprinkleraktivering.

För slutsatser ang. vattenmuggarna sammanställs i försök 10.

3.12 Försök 8

3.12.1 Försöksbeskrivning

Försök 8 är en dubblering av försök 5. Fåtöljen är placerad i ett hörn och försöket utförs med sprinkleraktivering. Antändningen sker på framsidan av fåtöljen. Mer information om placering av fåtöljen och vilka parametrar som mäts hänvisas till avsnitt 3.4.

3.12.2 Syftet med försök

Syftet med försöket är att undersöka hur repeterbara försöken är. Detta är viktigt eftersom om försöken är ungefär lika kan olika försök jämföras med varandra.

3.12.3 Utdata från försök

Sprinklern aktiverade efter en minut och tre sekunder. Detta är en sekund snabbare än försök 5.

Brandgaslagrets höjd under försök 8 uppskattas under försöket och redovisas i tabell 3.8.1.

Tid efter antändning (s)	Uppskattad höjd över golvet (m)
0	-
20	Brandgaslager har ej bildats
40	1,5 (1,6)
60	1,1 (1,1)
80	0,5 (0)
100	0,3 (0)
120	0 (0)
80-410	0 (0)

Tabell 3.8.1 Brandgaslagrets höjd. Värden inom parentes är från försök 5.

Skillnaderna i brandgaslagrets höjd kan bero på osäkerheter i bedömningen, då det lättare syns från olika positioner.

De maximala koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid samt de lägsta koncentrationerna av syre som mättes under försöket redovisas i tabell 3.8.2.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,030 (0,035)	600 (410)
Kolmonoxid 60 cm	0,039 (0,046)	500 (350)
Koldioxid 220 cm	2,8 (4,3)	70 (75)
Koldioxid 60 cm	1,9 (3,2)	500 (145)
Syre 220 cm	17,2 (14,9)	75 (75)
Syre 60 cm	18,8 (17,4)	500 (145)

Tabell 3.8.2 Koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre i brandrummet. Värden inom parentes är från försök 5.

Koncentrationerna av koldioxid ökar något efter sprinkleraktivering. Koncentrationerna blir konstanta efter ungefär 120 sekunder till dess att försöket avbryts.

Koncentrationer kolmonoxid ökar långsamt ju längre försöken fortgår. Koncentrationerna av koldioxid minskar efter sprinkleraktivering och är sedan konstanta. Koncentrationen av syre ökar något efter sprinkleraktivering och blir sedan konstanta.

Termoelementets höjd (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	190 (232)	65 (70)
96	39 (57)	65 (65)
38	26 (32)	105 (125)

Tabell 3.8.3 Temperaturen i brandrummet Värden inom parentes är från försök 5.

Temperaturen sänks snabbt till en temperatur under 50 °C efter sprinkleraktivering.

3.12.4 Slutsats från försök 8

Försök 5 och 8 är inte helt identiska. Skillnaderna är dock inte så stora förutom koncentrationen av koldioxid som är ungefär dubbelt så hög i försök 5. Försöket visar att repeterbarheten av försöken är relativt bra.

3.13 Försök 9

3.13.1 Försöksbeskrivning

Försöket utförs med fåtöljen placerad i hörnet och sprinklersystemet ska aktivera under försöket. Försöket utförs med öppen dörr ut och detta är det enda som skiljer detta försök från försök 5 och 8. För vidare information om placering av fåtöljen och vilka parametrar som mättes under försöket hänvisas till avsnitt 3.4.

4.12.2 Syftet med försök

Syftet med detta försök var att jämföra brandförloppet med försök 5 och 8 där dörren till brandrummet var stängt.

3.13.3 Utdata från försök

Sprinklern aktiverade 1 minut och 18 sekunder efter antändning. Detta var ungefär 15 sekunder långsammare än i försök 5 och 6. Brandgaslagrets höjd framgår av tabell 3.9.1. Värden inom parentes är från försök fem.

Tid efter antändning (s)	Uppskattad höjd över golvet (m)
0	-
20	Brandgaslager har ej bildats
40	1,6 (1,6)
60	1,5 (1,1)
80	1,3 (0)
100	0 (0)

Tabell 3.9.1 Brandgaslagrets höjd. Värdena inom parentes är från försök 5.

Brandröken blir tunn i nedre delen av försöket efter sprinkleraktiveringen. Brandröken i nedre delen av rummet blir dock mer och mer svår att se igenom ju längre försöket går.

De högsta koncentrationerna av kolmonoxid och koldioxid samt de lägsta koncentrationerna av syre presenteras i tabell 3.9.2.

Gas	Högsta/lägsta koncentration (Vol %)	Tid för högsta/lägsta koncentration efter antändning (s)
Kolmonoxid 220 cm	0,025	90
Kolmonoxid 60 cm	0,015	390
Koldioxid 220 cm	3,5	90
Koldioxid 60 cm	0,2	300
Syre 220 cm	8	90
Syre 60 cm	Minskar inte	

Tabell 3.9.2 Koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre i brandrummet.

Koncentrationen av kolmonoxid är ganska konstant efter sprinkleraktivering på 220 cm höjd. Kolmonoxidmätaren på 60 cm höjd registrerar först kolmonoxid efter ca 300 sekunder.

Koncentrationen av koldioxid minskar betydligt efter sprinkleraktivering på 220 cm höjd. En väldigt liten koncentration av koldioxid registreras efter ca 230 sekunder efter antändning på 60 cm höjd.

Syrekoncentrationen i rummet stiger betydligt efter sprinkleraktivering på 220 cm höjd. Syremätaren på 60 cm höjd registrerar ingen sänkning av syrehalten.

Termoelementets höjd (cm)	Temperatur (°C)	Tid efter antändning (s)
232	190	90
96	25	160
38	20	420

Tabell 3.9.3 Temperaturen i brandrummet

Temperaturen i brandrummet sänks till under 50 °C ungefär en minut efter sprinkleraktiveringen.

3.13.4 Slutsats från försök 9

I detta försök registrerar inte instrumenten på 60 cm höjd speciellt höga koncentrationer av koldioxid och kolmonoxid vilket tyder på att sprinklern inte drar ned brandgaser i detta försök. Dock kan det vid försöket observeras att även den lägre delen av rummet blir fyllt med rök. Detta kan tyda på att spinklersprayen drar ned mest sotpartiklar och inte så mycket brandgaser.

Koncentrationen av giftiga gaser understiger NKB:s bestämmelser 60 cm över golvet.

Temperaturkravet uppfylls enligt BBR.

3.14 Försök 10

3.14.1 Försöksbeskrivning

Vattenmuggar placerades ut symmetriskt i brandrummet och ett använt sprinklerhuvud var monterat i brandrummet. Sprinklervattnet slogs på och fick vara påslaget i tio minuter. Det var ingen brand i brandrummet.

3.14.2 Syftet med försök

Försöket utfördes för att studera sprinklerhuvudets normala vattenspridning utan brand.

3.14.3 Utdata från försök

Vattnets spridningsbild var följande. Värderna för sprinklerförsöken med brand och vattenmuggar presenteras i samma tabell.

Plastmugg	Försök 10 Vattenvolym (ml)	Försök 5 * Vattenvolym (ml)	Försök 8 Vattenvolym (ml)	Försök 7 Vattenvolym (ml)
1	52	49	51	46
2	47	83	68	43
3	67	218*	102	71
4	94	-	-	111
5	59	42	45	50
6	54	61	72	36
7	149	160*	250	127
8	162	215*	163	146
9	99	85	99	82
10	119	80	124	124
11	129	56	141	137
12	72	85	110	78
13	79	55	65	70
14	42	49	56	44
15	63	55	56	70
16	63	54	72	56
Medelvärde	84,3	62,8	98,3	80,7

Tabell 3.10.1 Vattenfördelningen i försök 5, 7, 8 och 10.

* Medelvärdet har beräknats utan de muggar där vatten tillförts vid manuell släckning. Ersätts de värden i försök fem som är osäkra med de värden som finns i försök 10 blir medelvärdet 76,6 och detta värde är mer rimligt att vattenfördelningen är.

I försök 5, 7 och 8 kan värdena vid muggarna närmast sprinklerhuvudet vara förhöjda p.g.a. att vatten från sprinklerhuvudet droppade efter avstängning.

3.14.4 Slutsats från försök 10

Vattendistributionen i muggarna är olika mellan olika försök. Vattendistributionen är förhållandevis jämnt fördelad mellan de olika mätpunkterna. Det går inte att utläsa någon tendens att plymen skulle påverka vattendistributionen.

Eftersom det endast utförts ett fåtal försök har utförts och tillgänglig utrustning var begränsad medför detta att variationerna i mätningarna kan bero på osäkerheter. Dessa osäkerheter kan härledas till variationer i vattentrycket i det kommunala vattenledningsnätet. Kalibreringen utfördes manuellt vilket medför ökade osäkerheter och med tanke på den lilla vattenmängd som samlas i plastmuggarna kan dessa osäkerheter ha påverkat resultatet betydligt.

Vidare osäkerheter är att vattnet inte stängs av direkt när sprinklersystemet stängs av utan det droppar fortfarande vatten från sprinklerhuvudet som medför att vattendistributionen på de muggar som är närmast sprinklerhuvudet blir högre.

För att på ett bra sätt kunna mäta denna variation måste nog testmetoden ändras. En bättre metod måste troligtvis vara att dela upp hela golvet med lådor där allt vatten som lämnar sprinklerhuvudet samlas i. Denna försöksupställning tillsammans med en bättre kalibrering av sprinklerhuvudet skulle kunna ge en rättvisare bild av om, och i så fall hur, brandplymen påverkar vattendistributionen från sprinklerhuvudet.

3.15 Slutsatser från försök utförda i Brandorama

Bostadssprinkler kommer att reducera temperaturerna i brandrummet. Koncentrationerna av giftiga gaser kommer att bli betydligt lägre. Alla NKB:s bestämmelser angående gaskoncentrationer uppfylls förutom vid försök 5 där syrekoncentrationen blir ca 0,1 volymprocent för låg. I miljöer likt den som har testats kan slutsatserna dras att sprinkler ökar betydligt chanserna att överleva en brand.

Det som kan vara ett problem är värmestrålningen mot golvet. Tyvärr fungerade inte strålningsmätaren vid försöken. Handberäkningar av värmestrålningen blir i det ogynnsammaste av de sprinklade försöken ca $3,7 \text{ kW/m}^2$. En del av denna värme kan ha absorberats i de lägre kallare delarna av brandgaslagret. Om värmestrålningen innebär ett problem går inte att uttala sig om utan att testa med artificiell hud. De flesta försök har dock en energimängd som understiger 60 kJ/m^2 och uppfyller därmed BBR:s krav angående maximalt upptagen energimängd. Strålningspåverkan är dock betydligt lägre i de sprinklade försöken jämfört med de osprinklade.

Sikten i brandrummet blir dock väldigt begränsad även under de försök som är sprinklade. Tiden till dess att sikten blir väldigt dålig är dock längre i de fall sprinklern utlöser tidigt.

I försöken i Brandorama har enbart ett objekt funnits i rummet som kan brinna. Hur resultaten skulle se ut om det fanns mer brännbart i rummet är svårt att uttala sig om, men det borde inte påverka resultaten så mycket eftersom stoppade möbler är bland det snabbaste som kan brinna i ett hem. Temperaturerna reduceras snabbt efter sprinkleraktivering vilket borde begränsa branden.

Referenser

- /1/ National Fire Protection Association :The SFPE Handbook of Fire Safety Engineering, USA 1990
- /2/ Särndqvist, S. Initial fires. Institute of Technology. Department of Fire Safety Engineering, Lund 1993
- /3/ Drysdale, D.: An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons 1986
- /4/ Gustavsson, N-E.: Laborationshandledning sprinklerutlösning., A three parameter model for characterizing sprinkler sensitivity and predicting sprinkler operating times. Institute of Technology. Department of Fire Safety Engineering
- /5/ Ingasson, H.: Thermal Response Models for Glass Bulb Sprinklers, SP REPORT 1992:12
- /6/ Muntlig information från Göran Holmstedt, biträdande professor vid Brandteknik ,Lund Tekniska Högskola.
- /7/ Lunds Tekniska Högskola: Laborationshandledning i Brandkemi: EFFEKT, RÖK och GASALSTRING från JET och POOLFLAMMOR
- /8/ Muntlig information från Magnus Arvidsson, SP

Appendix 1 Plungetest av sprinklerhuvud

Plungetestet utfördes i Brandteknikslaboratorium i Lund. Apparaten för testa sprinklerhuvudet har följande utseende

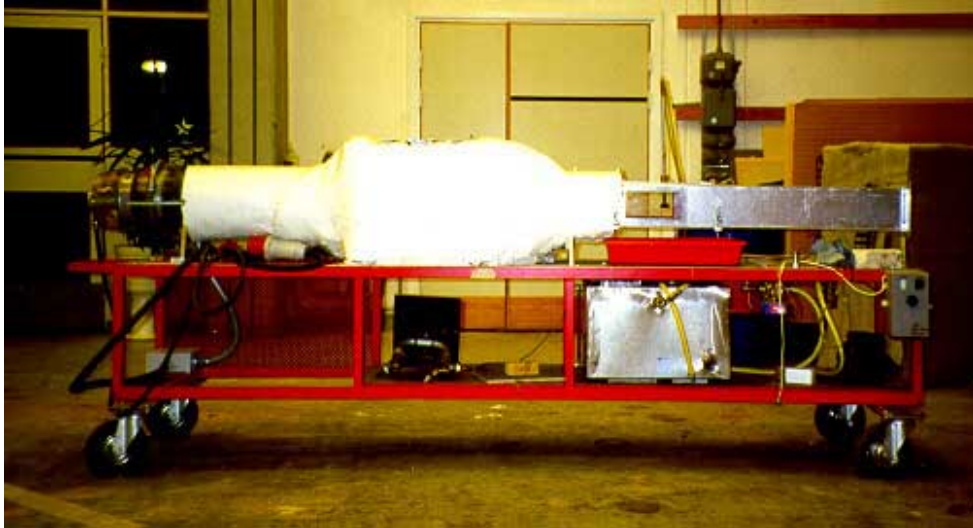


Bild A.1 Utrustning för att bestämma ett sprinklerhuvuds RTI-värde.

Testet utförs så att sprinklerhuvudet placeras i en 196 °C varm luftström som har en hastighet på 2 m/s. Två test har utförts. Första testet utförs med oket på sprinklerhuvudet parallella med luftströmmen och röret ovanför sprinklerhuvudet ej fyllt med vatten. Andra testet utförs med oket på sprinklerhuvudet vinkelräta mot luftströmmen och inget vatten ovanför sprinklerhuvudet.

Beräkning av sprinklerhuvudets RTI-värde

Enligt /1,4,5/ kan sprinklerns RTI-värde beräknas enligt följande. Denna modell tar ej hänsyn till kylning genom ledning till sprinklerhuvudet. Modellen tar inte heller hänsyn till att det åtgår energi till att splittra sprinklerbulben.

Modellen bygger på att all värme transporteras till bulben och denna värme är jämnt fördelad i sprinklerbulben (Lumped heat capacity) /1/. Modellen bygger på en värmebalans mellan sprinklerbulben och luftströmmen.

Värmeeffektökningen i sprinklerbulben = Värmeeffekten tillförd från luftströmmen

$$m \cdot c \cdot \frac{dT_d}{dt} = h \cdot A \cdot (T_g - T_d)$$

m = Massan hos sprinklerbulben [kg]

c = Värmekapacitet sprinklerbulb [W · s / kg · K]

h = Konvektivt värmeövergångstal till sprinklerbulben [W / m² · °C]

A = Arean på sprinklerbulben [m²]

T_g = Temperaturen hos luftströmmen = 196 °C

T_d = Temperaturen hos sprinklerbulben

(A.1)

Tidskonstanten τ definieras som

$$\tau = \frac{m \cdot c}{h \cdot A} \quad [\text{s}] \quad (\text{A.2})$$

Insättes detta uttryck i A.1 och omformuleras

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{(T_g - T_d)}{\tau} \quad (\text{A.3})$$

Ekvationen löses /1/ och skrives på formen

$$T_d - T_a = \frac{T_g - T_a}{1 - e^{(-t/\tau)}} \quad (\text{A.4})$$

t = tiden [s]

Antages h vara proportionellt mot $u^{1/2}$ kan RTI-värdet definieras som:

$$RTI = \tau \cdot u^{1/2} \quad [\text{m}^{1/2} \text{s}^{1/2}] \quad (\text{A.5})$$

RTI-värdet kan sedan beräknas genom att bryta ut τ ur ekvationen A.4

(A.6)

$$RTI = \frac{-t_r \cdot u^{1/2}}{\ln \frac{T_g - T_a}{T_g - T_r}}$$

t_r = Tiden till sprinklerbulben utlöser [s]

u = Hastigheten hos luftströmmen förbi sprinklerhuvudet = 2 m/s

T_g = Temperaturen hos luftströmmen = 196 °C

T_a = Begynnelsestemperatur sprinklerbulb [°C]

T_r = Utlösningstemperatur sprinklerhuvud [°C]

Utdata från försök 1

Försök 1 utförs med oket parallellt med den varma luftströmmen. Temperaturen hos vattnet ovanför sprinklerhuvudet vid försöket var 19,3 °C och oket hade en temperaturen på 18,7 °C. Tiden till aktivering var 25,5 sekunder. Detta ger en tidskonstant på:

$$\tau = \frac{t}{\ln \frac{(T_g - T_a)}{(T_g - T_d)}} = \frac{25,5}{\ln \frac{(196 - 19)}{(196 - 68)}} \approx 78,67 \text{ s}$$

τ = Tidskonstant [s]

t = Tiden tills att sprinklerbulben splittras = 25,5 s

T_g = Lufttemperaturen i kanalen = 196 °C

T_a = Omgivande lufttemperatur = 19 °C

T_d = Sprinklerns aktiveringstemperatur = 68 °C

RTI värdet blir då:

$$RTI = \tau \cdot u^{1/2} = 78,67 \cdot 2^{1/2} \approx 111 \text{ m}^{1/2} \text{ s}^{1/2}$$

Försök 2

Detta försök utförs med oket vinkelrätt mot den varma luftströmmen. Temperaturen hos vattnet ovanför sprinklerhuvudet vid försöket var 19,5 °C och oket hade en temperaturen på 18,9 °C. Tiden till aktivering var 8,0 sekunder. Detta ger en tidskonstant på

$$\tau = \frac{t}{\ln \frac{(T_g - T_a)}{(T_g - T_d)}} = \frac{8,0}{\ln \frac{(196 - 19)}{(196 - 68)}} \approx 24,68s$$

τ = Tidskonstant [s]

t = Tiden tills att sprinklerbulben splittras = 25,5 s

T_g = Lufttemperaturen i kanalen = 196 °C

T_a = Omgivande lufttemperatur = 19 °C

T_d = Sprinklerns aktiveringstemperatur = 68 °C

RTI värdet blir då:

$$RTI = \tau \cdot u^{1/2} = 24,68 \cdot 2^{1/2} \approx 35 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$$

Appendix 2 Mätning av gaskoncentrationer och brandeffekt

Konkalorimeter används för att mäta effekten hos någonting som brinner. Det går att mäta minskningen i syre hos brandgaserna och halten av kolmonoxid. Mäts enbart minskningen i syrehalten blir effektmätningen mer osäker eftersom det inte är säkert att allt syre har förbränts fullständigt till koldioxid. En viss del av syret kan ha förbränts till kolmonoxid som det inte åtgår lika mycket energi som om syret förbränts fullständigt till koldioxid.

Mätning av gaskoncentrationer går till enligt följande.

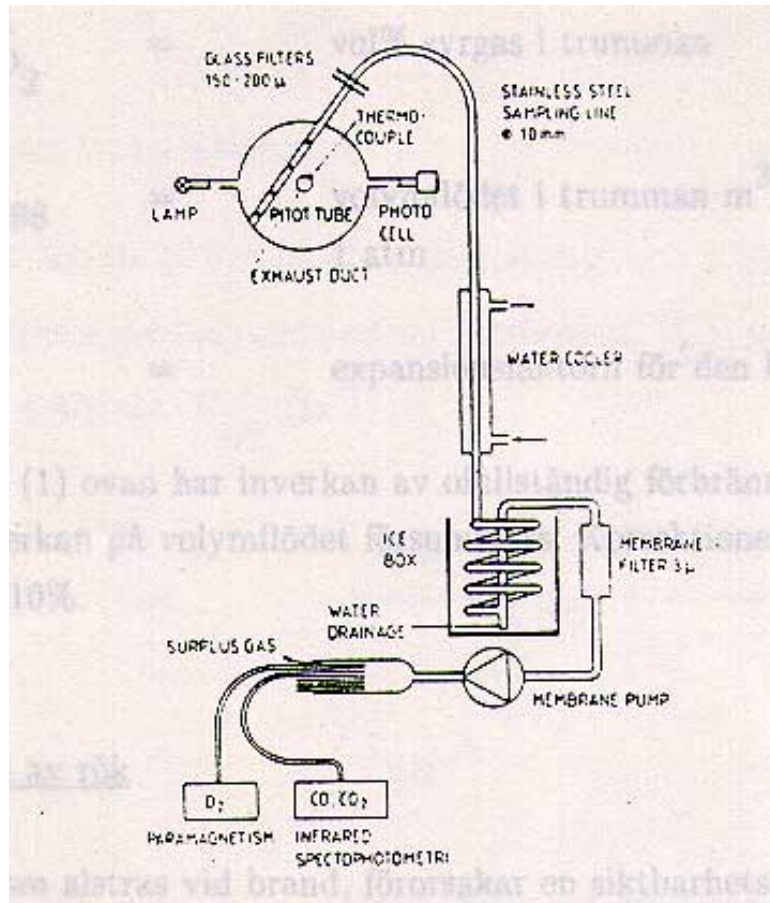


Bild på gasanalysen. (Bilden är hämtad från laborationshandledning Effekt, rök och gasalstring från jet och poolflammar.

Gaserna pumpas ut ur kanalen eller brandrummet genom kopparrör. Kopparrören används för att temperaturen blir för hög för att ha slangar. Vid mätningen i brandrummet böckades kopparrören i ett uppochnervänt u för att vatten inte skulle rinna in i kopparrören. Efter kopparrören kopplas en vattenkylare på för att sänka temperaturen hos brandgaserna.

Efter vattenkylaren leds brandgaserna ner i en kopparspiral som är placerad i ett vattenbad med is i. Efter vattenbadet renas brandgaserna sedan från grova partiklar i ett filter med glassull. Efter grovfiltret renas brandgaserna i ett finfilter.

När brandgaserna passerat finfiltret går brandgaserna genom en pump för att slutligen ledas in i mätinstrumenten där koncentrationerna av kolmonoxid, koldioxid och syre mäts.

Brandeffektmätning Brandorama

För att mäta effekten används ett termoelement i ventilationskanalen som suger ut brandgaser samt ett pitotrör som mäter tryckskillnaden i kanalen som behövs för att bestämma temperatur och hastighet hos brandgaserna i ventilationskanalen.

Effektutvecklingen kan då beräknas enligt /7/

$$\dot{Q} = 17,2 \cdot (X_{O_2}^O - X_{O_2}^S) \cdot \dot{V}_{298} \cdot \alpha$$

\dot{Q} = Effektutveckling [MW]

$X_{O_2}^O$ = Volymprocent syrgas i omgivande luften [Vol %]

$X_{O_2}^S$ = Volymprocent syrgas i trumman [Vol %]

\dot{V}_{298} = Volymflöde i kanalen vid 25 °C och 1 atm [m³ / s]

α = Korrektionsfaktor för luften som förlorat sitt syre $\approx 1,1$ [-]

Volymflödet vid 25 °C och trycket 1 atm

Med hjälp av Bernoullius ekvation och allmänna gaslagen kan volymflödet härledas med hjälp av trycket i Pitotröret och temperaturen i ventilationskanalen. Volymflödet vid 25 °C och trycket 1 atm kan då beräknas enligt /7/

$$\dot{V}_{298} = A \cdot \frac{k_t}{k_p} \cdot \frac{1}{\rho_{298}} \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P \cdot T_0 \cdot \rho_0}{T_s}} = 22,4 \cdot \frac{k_t}{k_p} \cdot A \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{T_s}}$$

\dot{V}_{298} = Volymflöde vid 25 °C och 1 atm [m³ / s]

A = Ventilationskanalens tvärsnittsytta [m²]

k_t = Kvoten mellan medelvärdet för massflödet per ytenhet och massflödet per ytenhet i ventilationskanalen

k_p = Två - håls sondens kalibreringskonstant = 1,08 [-]

ΔP = Tryckskillnaden över två - håls sonden [Pa]

T_s = Gastemperaturen i ventilationskanalen [K]

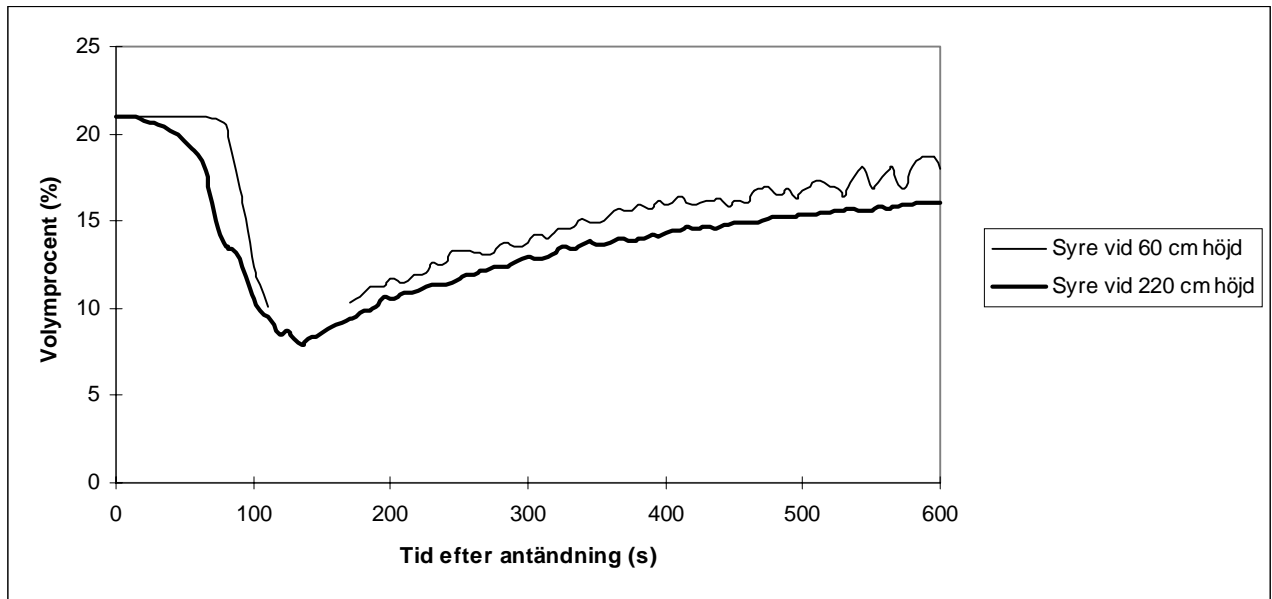
Appendix 3 Försök 3

Försökets längd: 10 minuter

Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2792

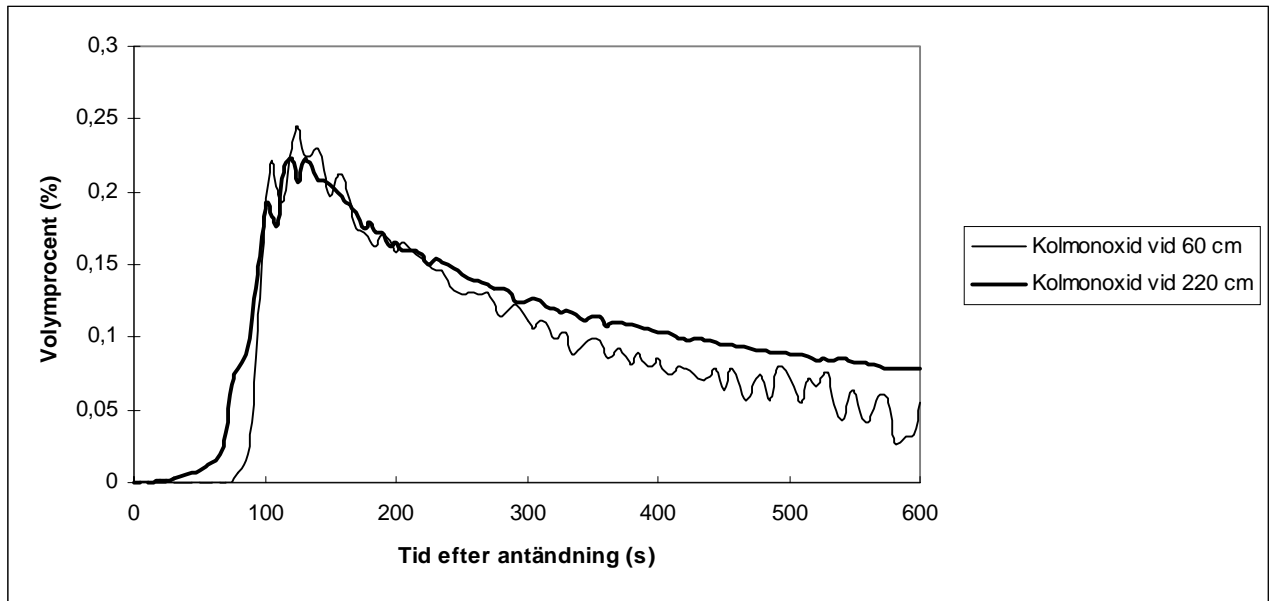
Tabell A.3.1 Madrassernas vikt.

Syrekoncentrationen i brandrummet



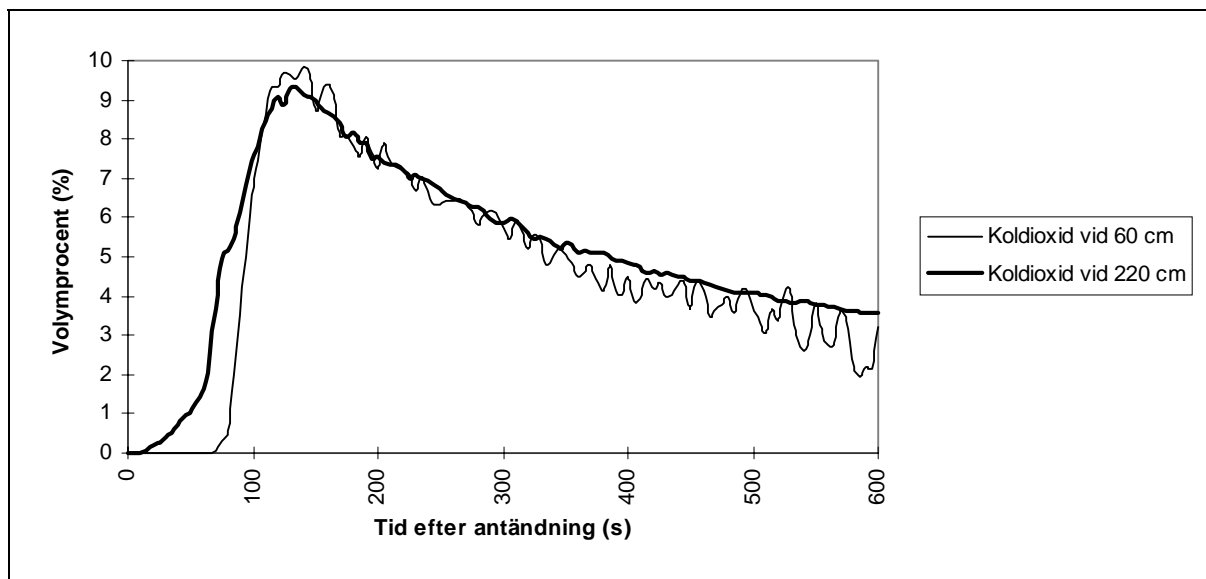
Figur A.3.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet

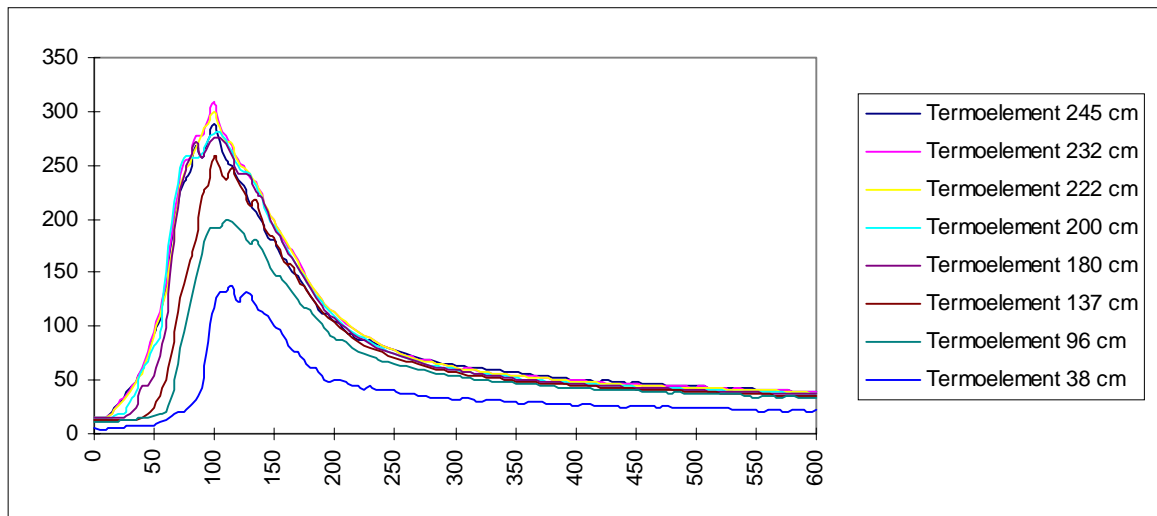


Figur A.3.2 Koncentration av kolmonoxid

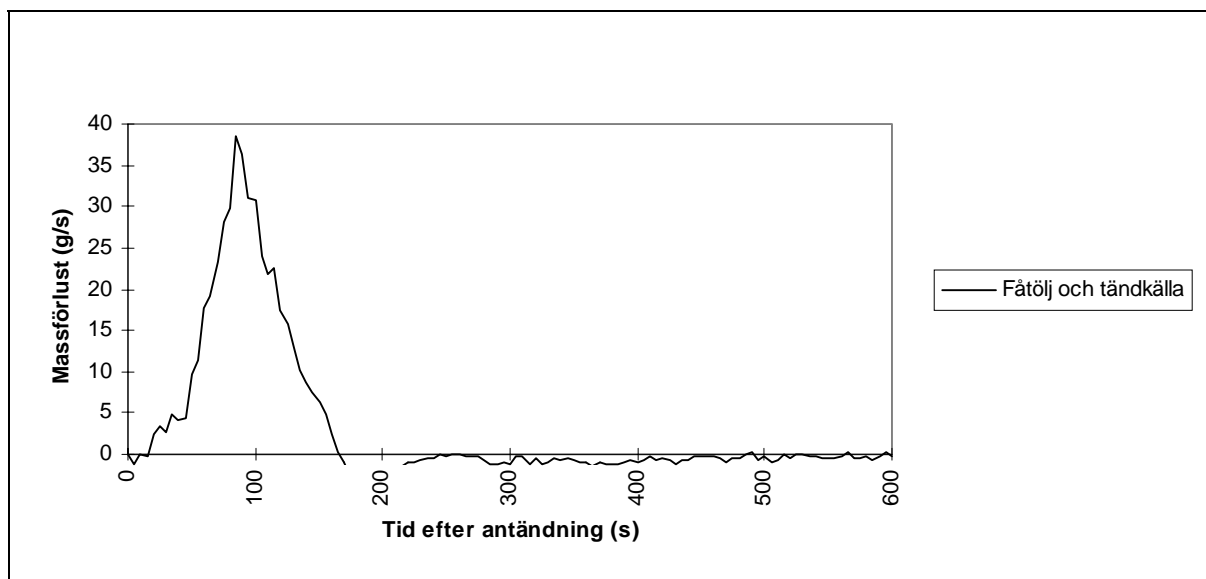
Koncentrationen av koldioxid i brandrummet



Figur A.3.3 Koncentration av koldioxid

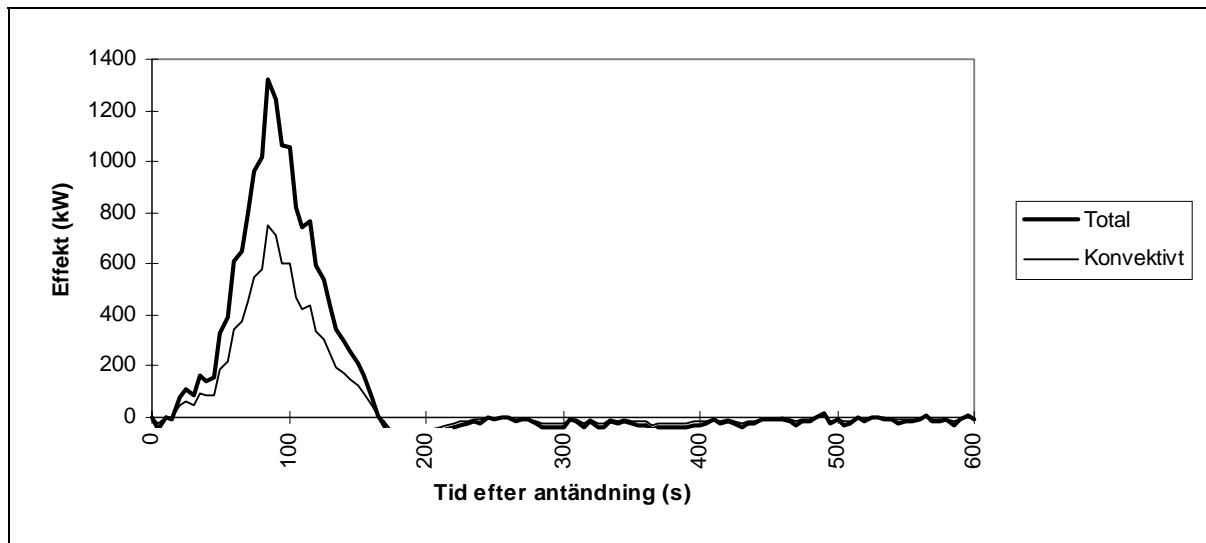
Temperatur i brandrummet

Figur A.3.4 Temperaturen i brandrummet

Massförlusten hos fätöljen och tändkällan

Figur A.3.5 Massförlusten hos fätöljen och tändkällan

Massförlusten har beräknats fram tills sprinkleraktivering. Massförlusten vid en tidpunkt har beräknats genom att ta ett intervall på 10 sekunder innan och efter tidpunkten. Massan av fätöljen och tändkällan vid intervallets början och slut har subtraherats och sedan dividerats med 20 sekunder för att få massförlusten per sekund.

Effektutvecklingen hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.3.6 Effektutvecklingen baserad på massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Effekten hos fåtöljen har beräknats med hjälp av tabeller ur SFPE-handboken. Tabellerna gäller för välventilerad brand. I de värdena på förbränningsvärme som har använts är förbränningseffektiviteten för en välventilerad brand medräknad.

För polyeten har värdena av polyetylen foam använts. I SFPE-handboken presenteras fyra olika värden på den effektiva totala och den effektiva konvektiva förbränningsvärmets för polyeten. Av dessa värden har ett medelvärde beräknats och använts vid effektberäkningen. Medelvärdena är:

Effektiva totala förbränningsvärmets: 34,2 kJ/g

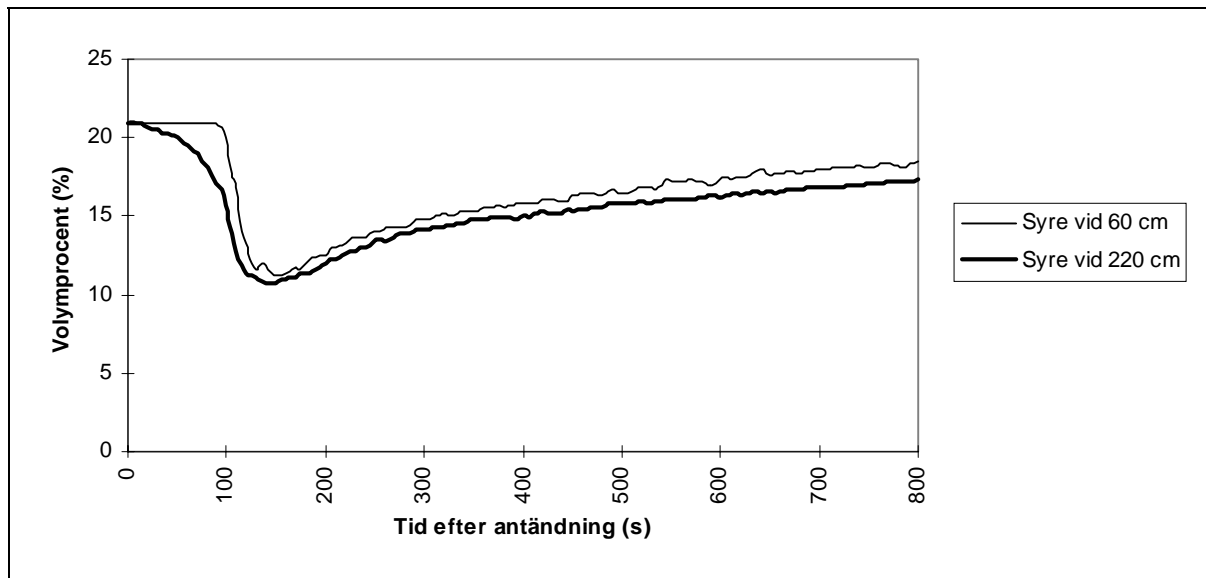
Effektiva konvektiva förbränningsvärmets: 19,5 kJ/g

Appendix 4 Försök 4

Försökets längd: 13 minuter

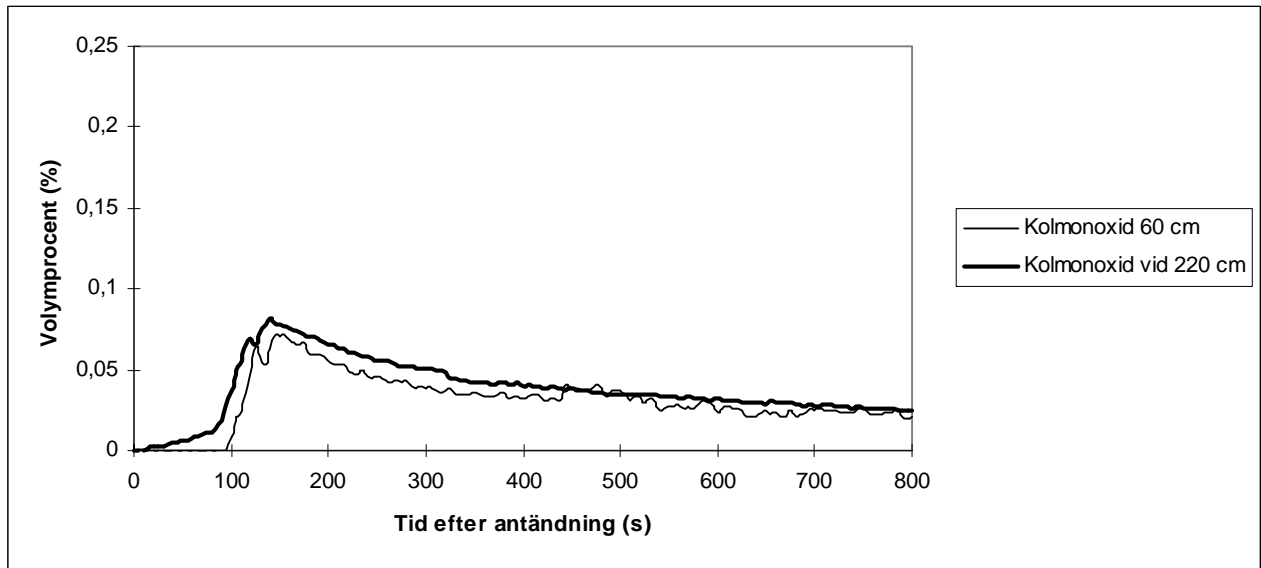
Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2553

Tabell A.4.1 Madrassernas vikt. Vikten efter försöket är uppskattad

Syrekoncentrationen i brandrummet

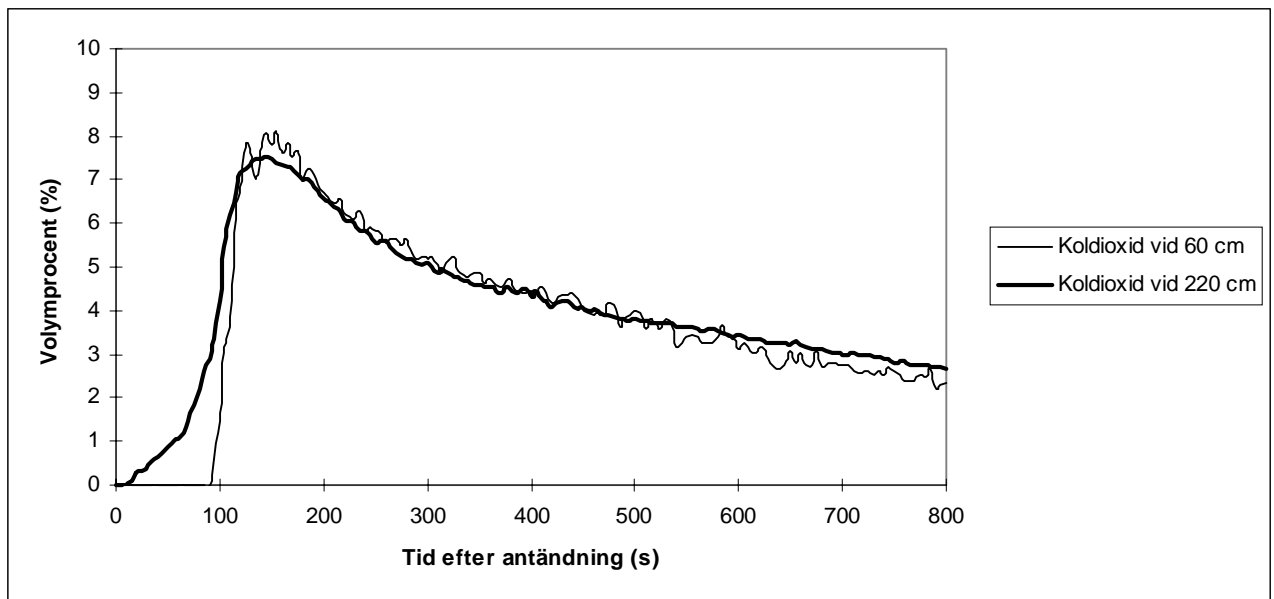
Figur A.4.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet

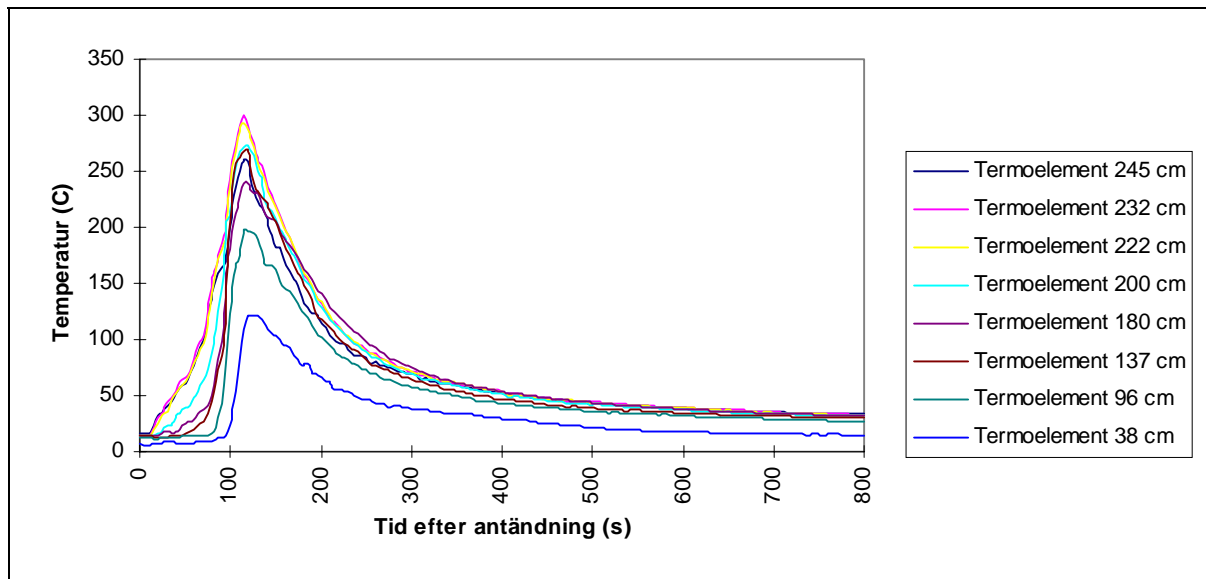


Figur A.4.2 Koncentration av kolmonoxid

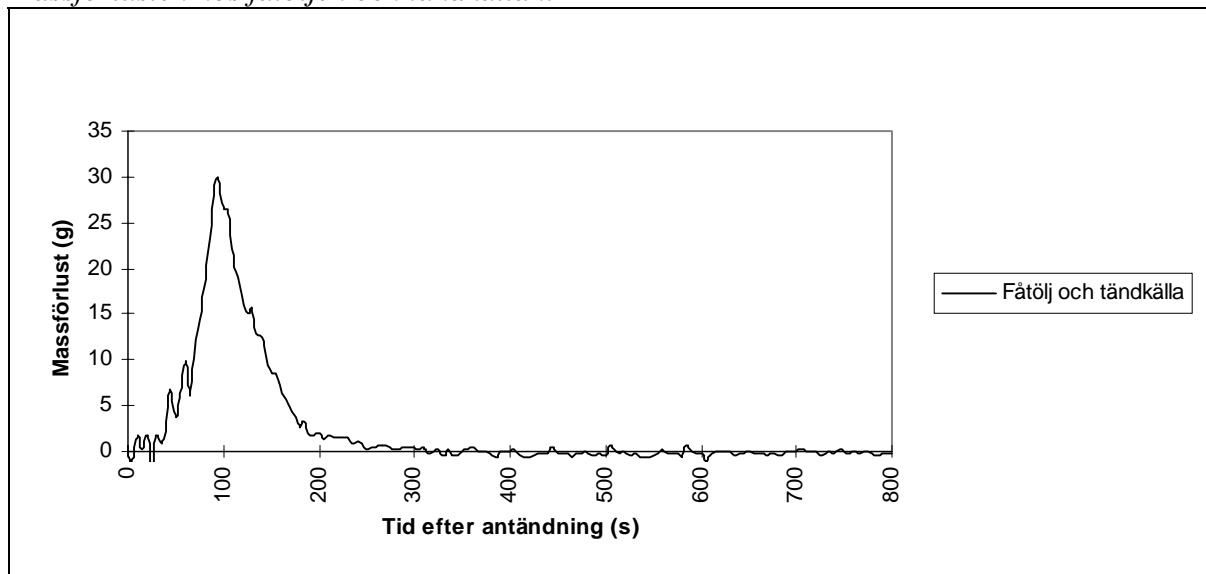
Koncentrationen av koldioxid i brandrummet



Figur A.4.3 Koncentration av koldioxid

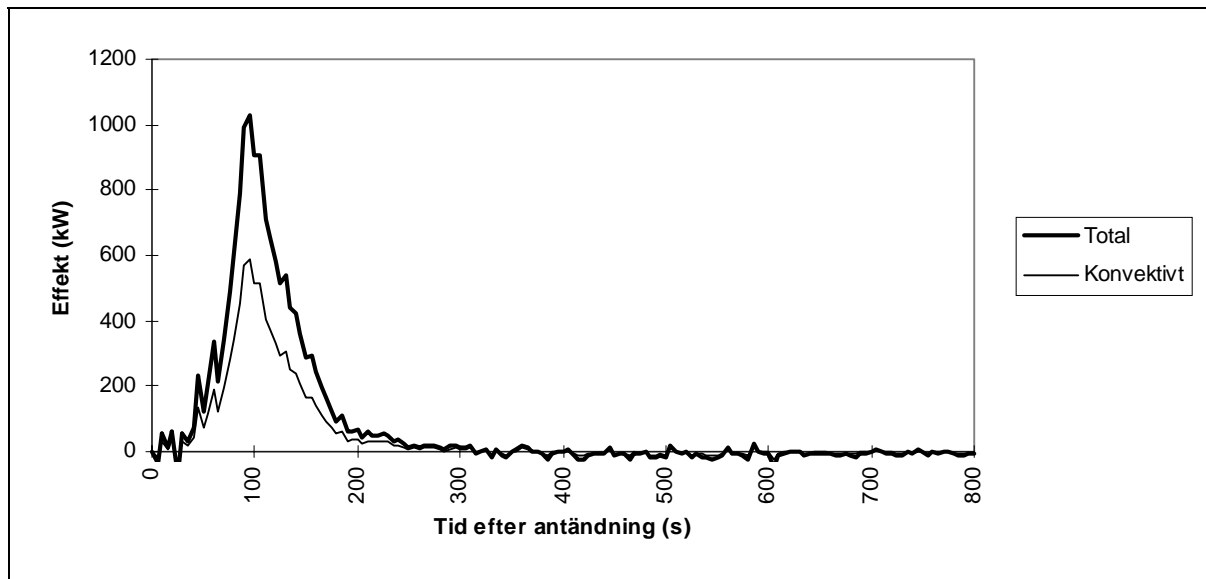
Temperatur i brandrummet

Figur A.4.4 Temperaturen i brandrummet

Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Figur A.4.5 Massförlusten hos fåtöljen.

Massförlusten har beräknats fram tills sprinkleraktivering. Massförlusten vid en tidpunkt har beräknats genom att ta ett intervall på 10 sekunder innan och efter tidpunkten. Massan av fåtöljen och tändkällan vid intervallets början och slut har subtraherats och sedan dividerats med 20 sekunder för att få massförlusten per sekund.

Effektutvecklingen hos fåtöljen

Figur A.4.6 Effektutvecklingen baserad på massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Effekten hos fåtöljen har beräknats med hjälp av tabeller ur SFPE-handboken. Tabellerna gäller för välventilerad brand. I de värdena på förbränningsvärme som har använts är förbränningseffektiviteten för en välventilerad brand medräknad.

För polyeten har värdena av polyetylen foam använts. I SFPE-handboken presenteras fyra olika värden på den effektiva totala och den effektiva konvektiva förbränningsvärmerna för polyeten. Av dessa värden har ett medelvärde beräknats och använts vid effektberäkningen. Medelvärdena är:

Effektiva totala förbränningsvärmerna: 34,2 kJ/g

Effektiva konvektiva förbränningsvärmerna: 19,5 kJ/g

Appendix 5 Försök 5

Försökets längd: 410 sekunder

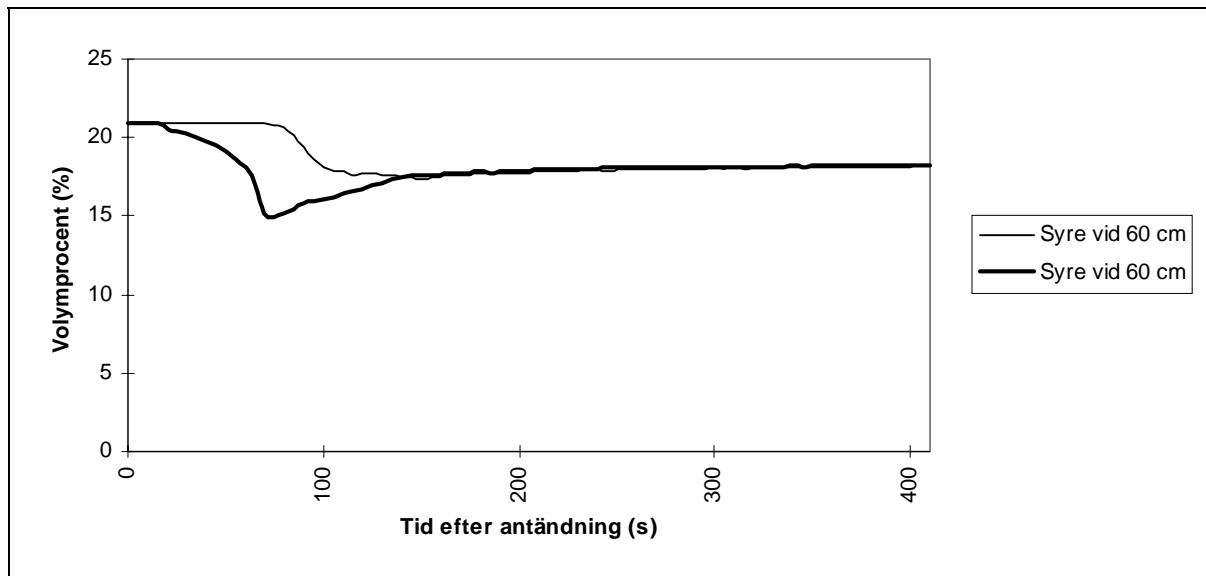
Sprinkleraktivering: 64 sekunder

Halva brandeffekten: 2-3 minuter efter antändning

Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2478

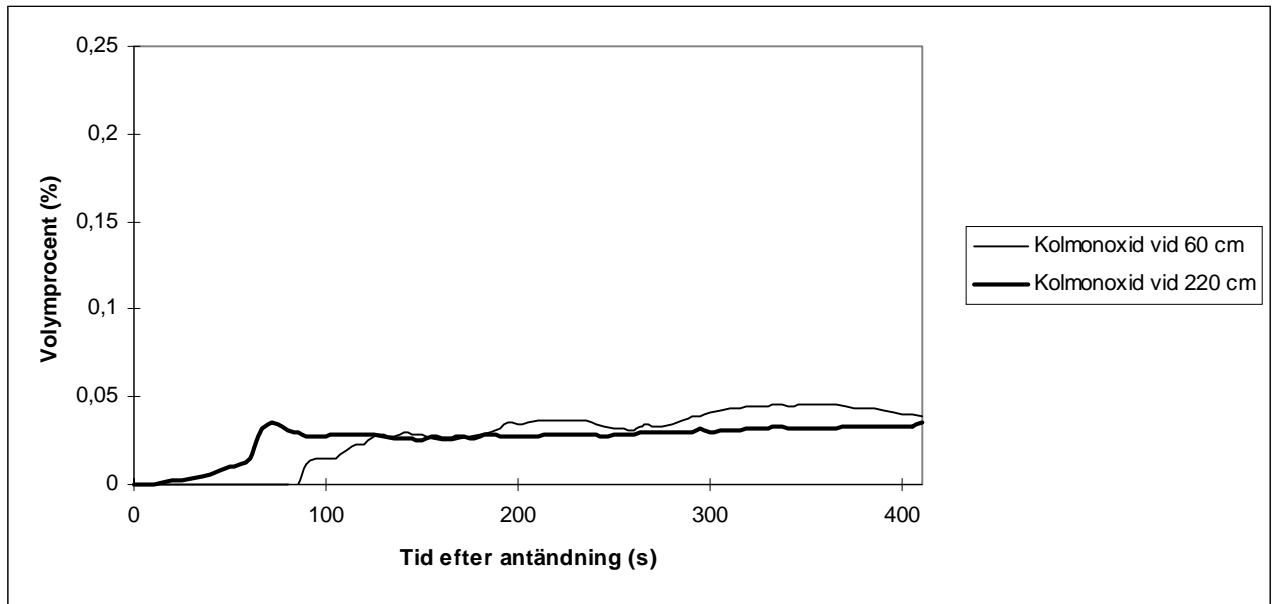
Tabell A.5.1 Madrassernas vikt.

Koncentrationen av syre i brandrummet



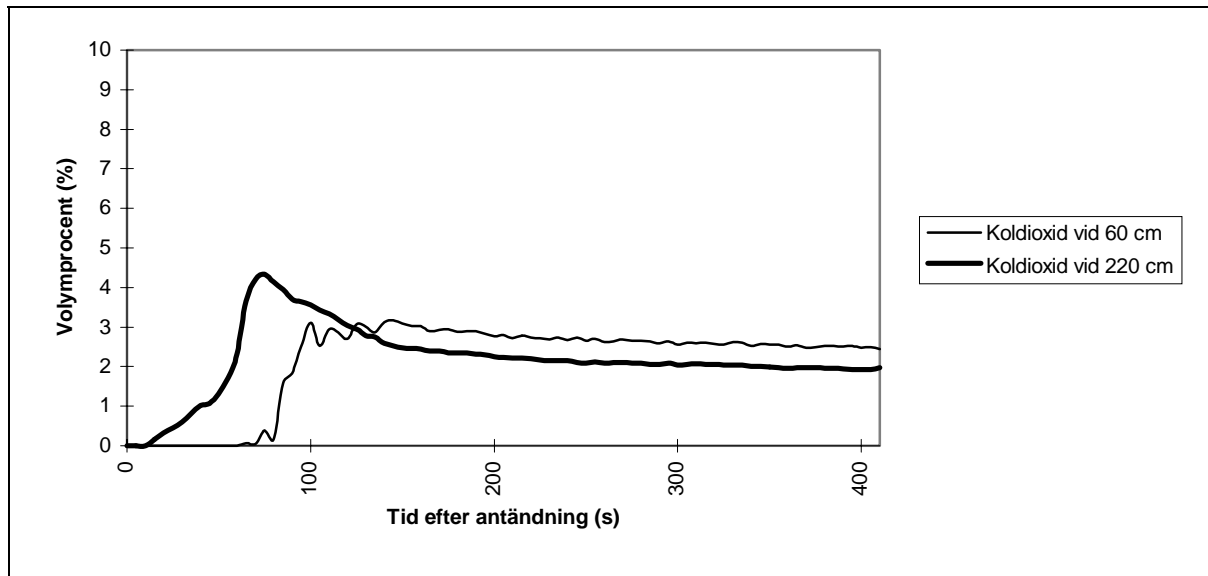
Figur A.5.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet

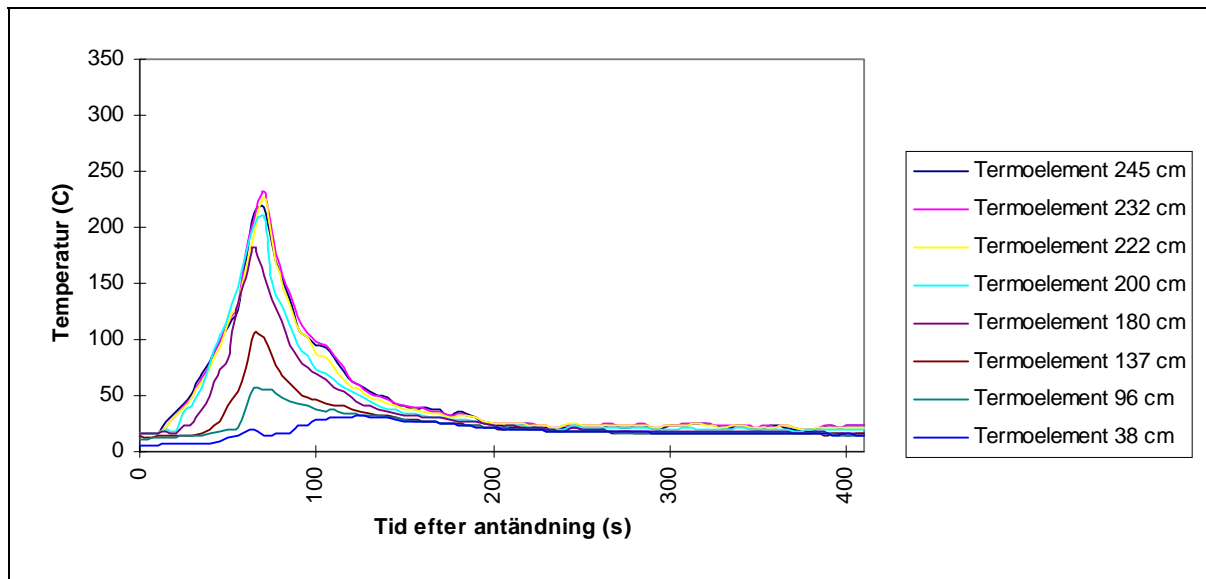


Figur A.5.2 Koncentration av kolmonoxid

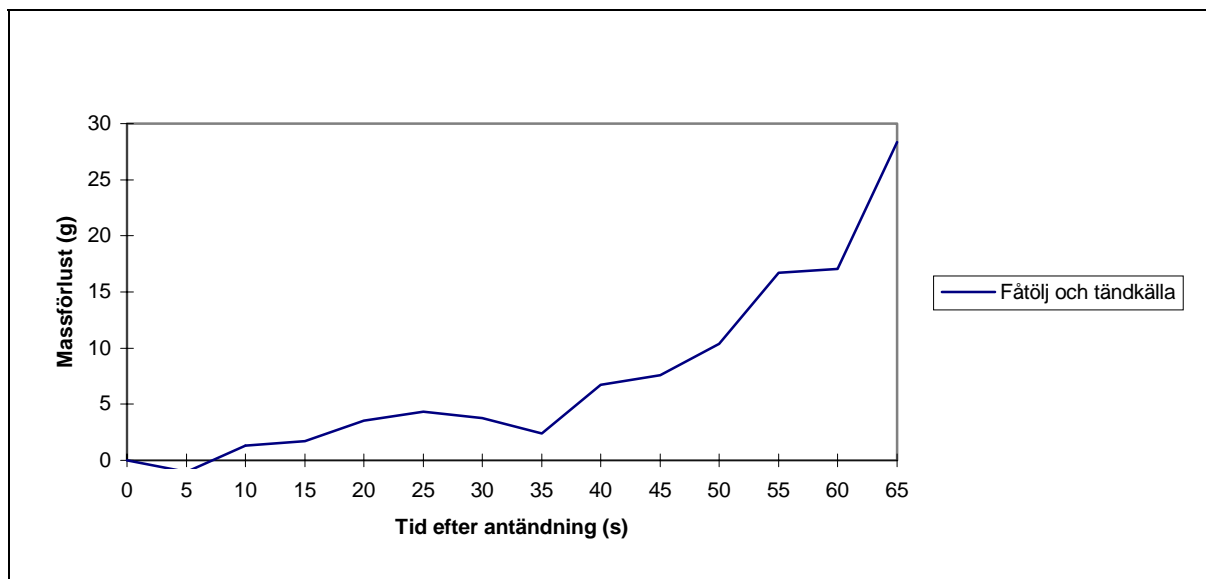
Koncentration av koldioxid i brandrummet



Figur A.5.3 Koncentration av koldioxid

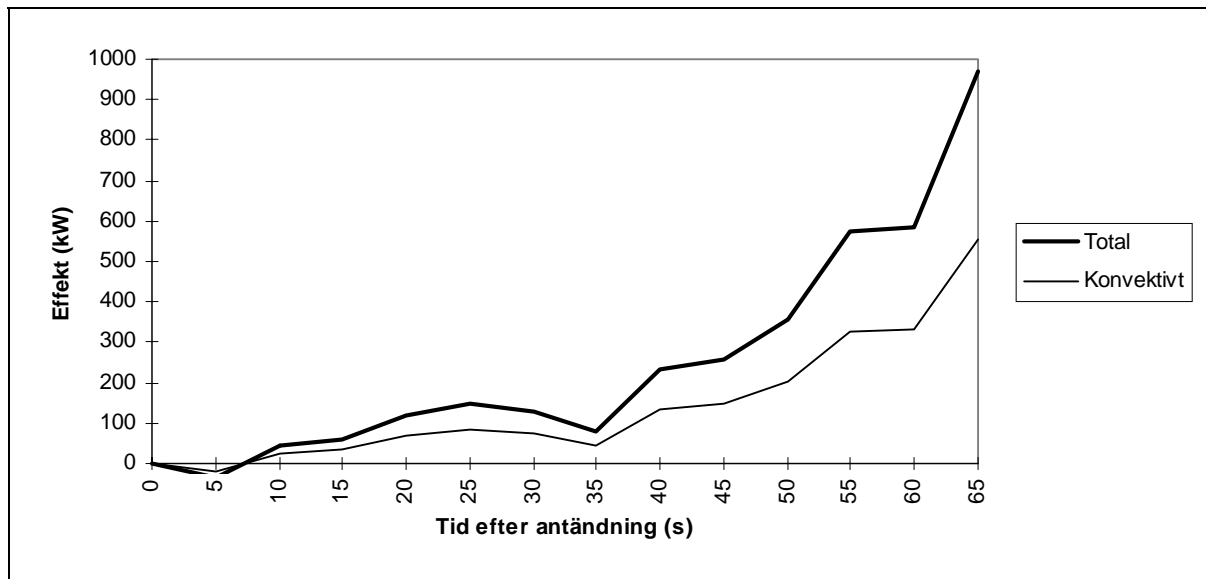
Temperaturen i brandrummet

Figur A.5.4 Temperaturen i brandrummet

Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.5.5 Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Massförlusten har beräknats fram tills sprinkleraktivering. Massförlusten vid en tidpunkt har beräknats genom att ta ett intervall på 10 sekunder innan och efter tidpunkten. Massan av fåtöljen och tändkällan vid intervallets början och slut har subtraherats och sedan dividerats med 20 sekunder för att få massförlusten per sekund. När massförlusten närmare sprinkleraktivering än 10 sekunder har beräknats har inget värde på massan på fåtöljen och tändkällan använts då denna massa är felaktig eftersom madrassen blir blöt efter sprinkleraktiveringen.

Effekten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.5.6 Effekttutvecklingen baserad på massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Effekten hos fåtöljen har beräknats med hjälp av tabeller ur SFPE-handboken. Tabellerna gäller för välventilerad brand. I de värdena på förbränningsvärme som har använts är förbränningseffektiviteten för en välventilerad brand medräknad.

För polyeten har värdena av polyetylen foam använts. I SFPE-handboken presenteras fyra olika värden på den effektiva totala och den effektiva konvektiva förbränningsvärmerna för polyeten. Av dessa värden har ett medelvärde beräknats och använts vid effektberäkningen. Medelvärdena är:

Effektiva totala förbränningsvärmerna: 34,2 kJ/g

Effektiva konvektiva förbränningsvärmerna: 19,5 kJ/g

Vattenfördelningen i brandrummet

Vattenmugg	Vatteninnehåll (ml)	Vatteninnehåll vid 10 minuters sprinkling (ml)
1	28	49
2	48	83
3	126 (Vatten tillfört vid manuell släckning)	218
4	- (Fåtöljen står i vägen)	-
5	24	42
6	35	61
7	92(Vatten tillfört vid manuell släckning)	160
8	124 (Vatten tillfört vid manuell släckning)	215
9	49	85
10	46	80
11	32	56
12	49	85
13	32	55
14	28	49
15	32	55
16	31	54

Tabell A.5.2 Vattenfördelningen i brandrummet.

Vattenfördelningen mättes genom att plastmuggarna placerades ut symmetriskt i brandrummet, för vidare information se avsnitt 4.3. Vatteninnehållet mättes genom att plastmuggarna torkades av på utsidan och vägdes efter försökets slut. Vattenmängden beräknades sedan genom att subtrahera vikten av plastmuggen och muttern.

Vattenfördelningen vid tio minuters sprinkling är beräknade genom att vattenfördelningen dividerats med 346 som är tiden under försöket då sprinklern är igång. Sedan har vattenfördelningen per sekund multiplicerats med 600 för att få vattenfördelningen vid tio minuters sprinkling.

Appendix 6 Försök 6

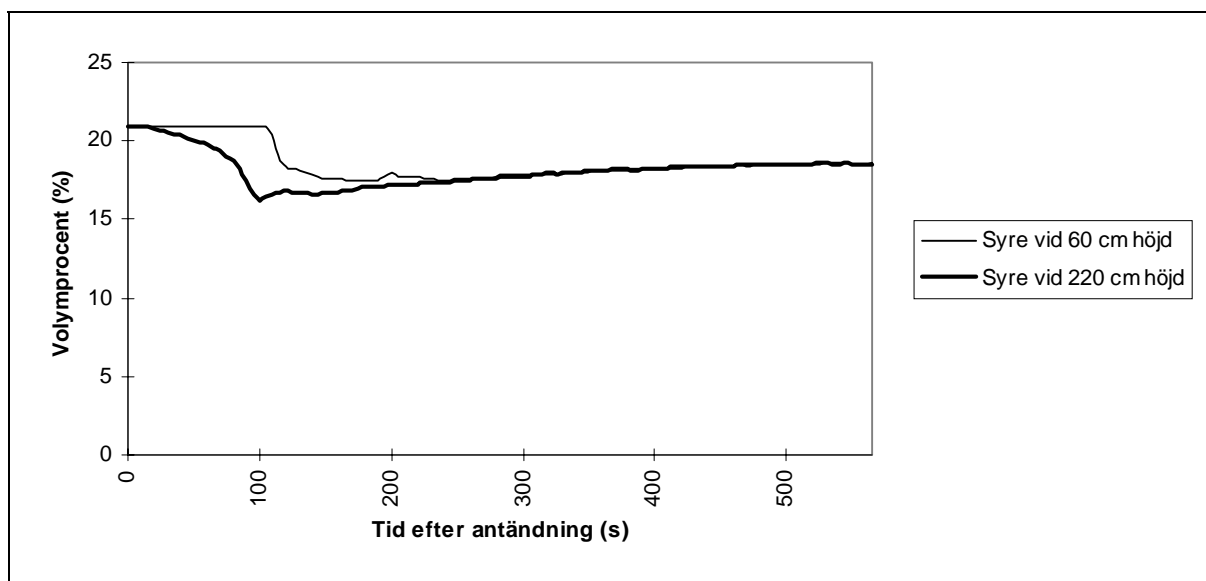
Försökets längd: 570 sekunder

Sprinkleraktivering: 91 sekunder

Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2502
Efter försöket	1200-1500

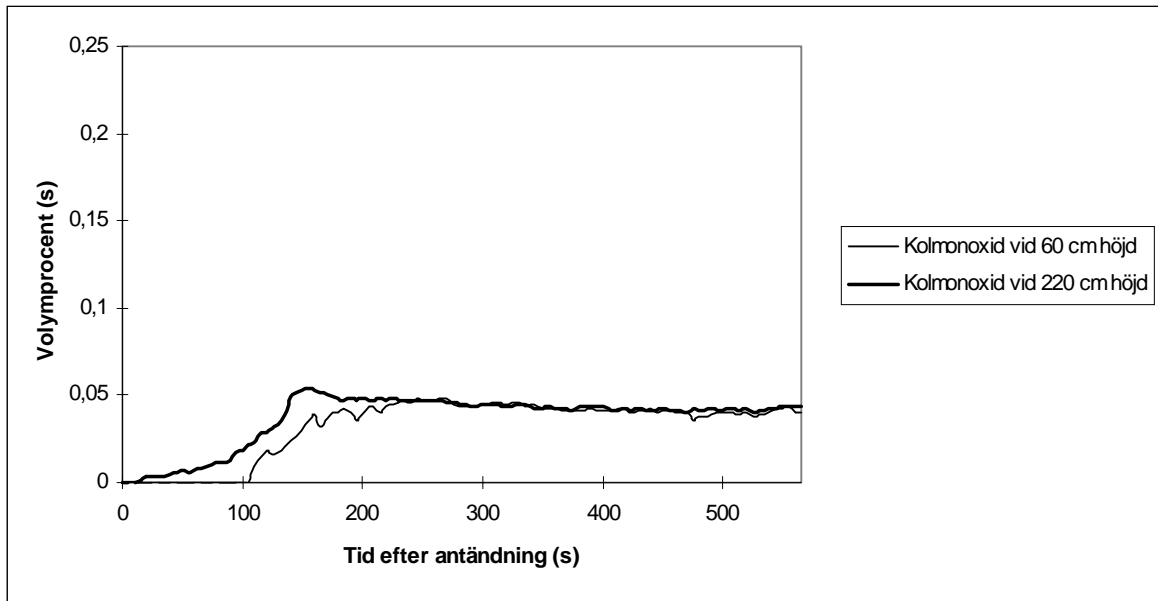
Tabell A.6.1 Madrassernas vikt. Vikten efter försöket är uppskattad

Koncentrationen av syre i brandrummet



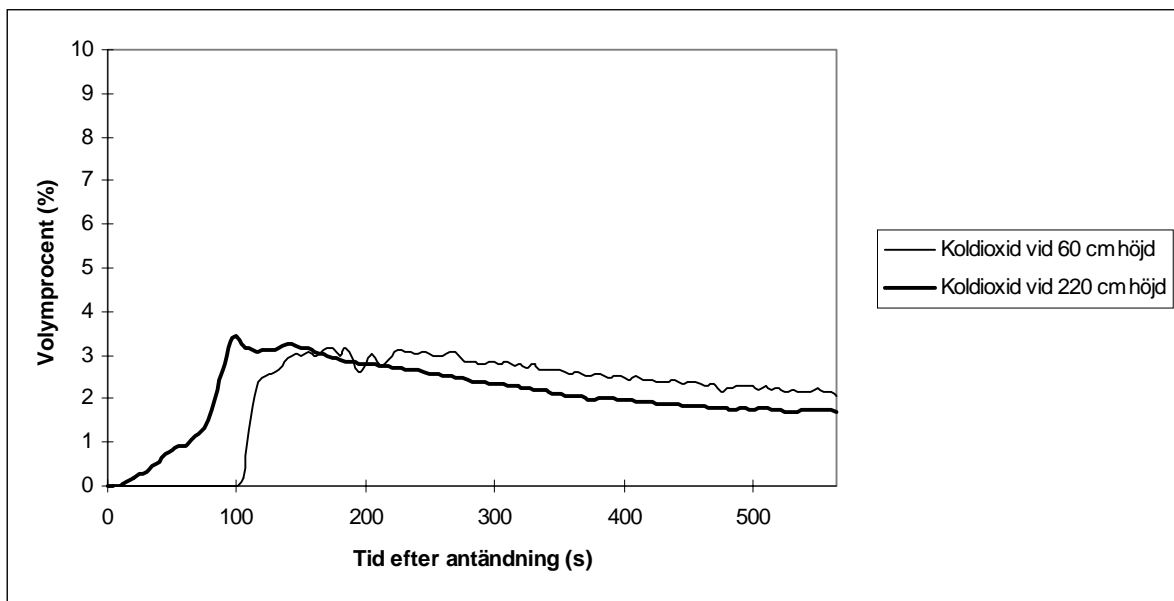
Figur A.6.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet

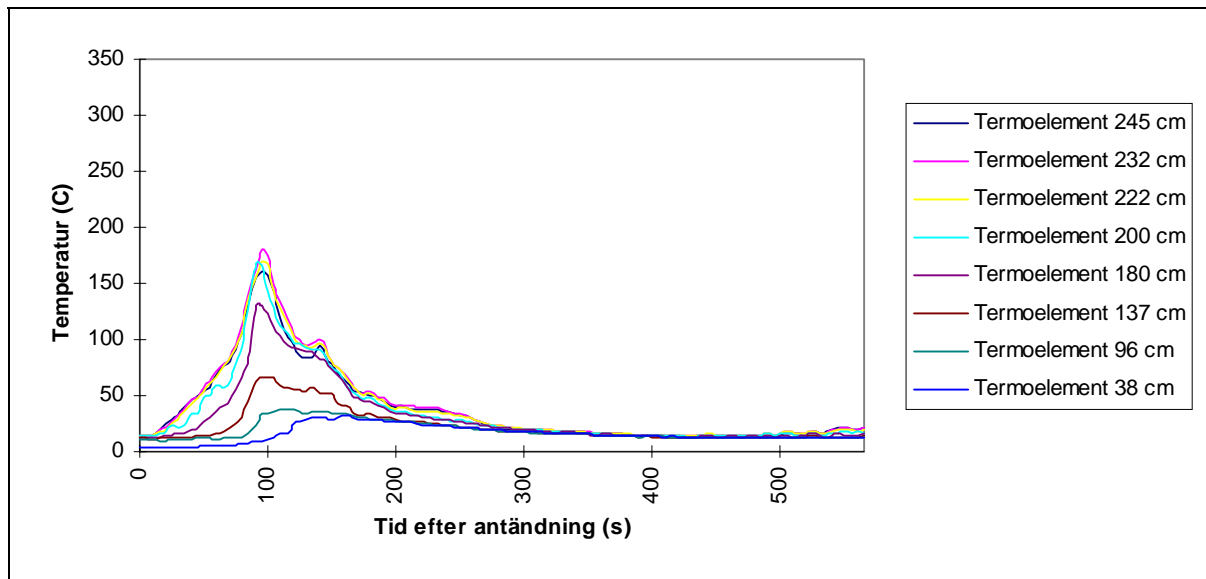


Figur A.6.2 Koncentration av kolmonoxid

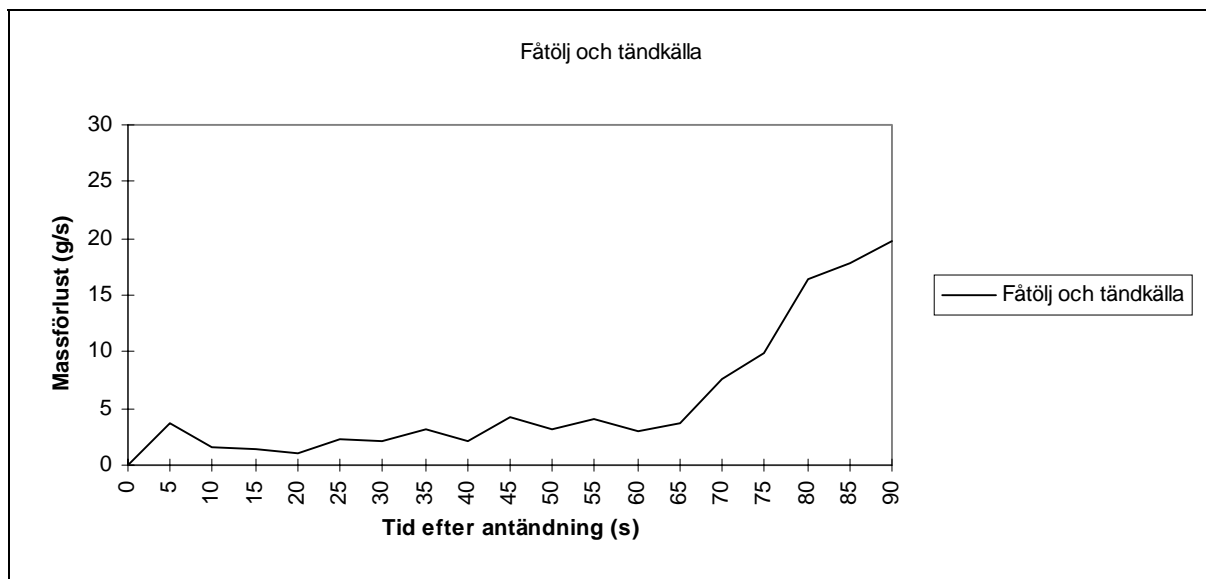
Koncentration av koldioxid i brandrummet



Figur A.6.3 Koncentration av koldioxid

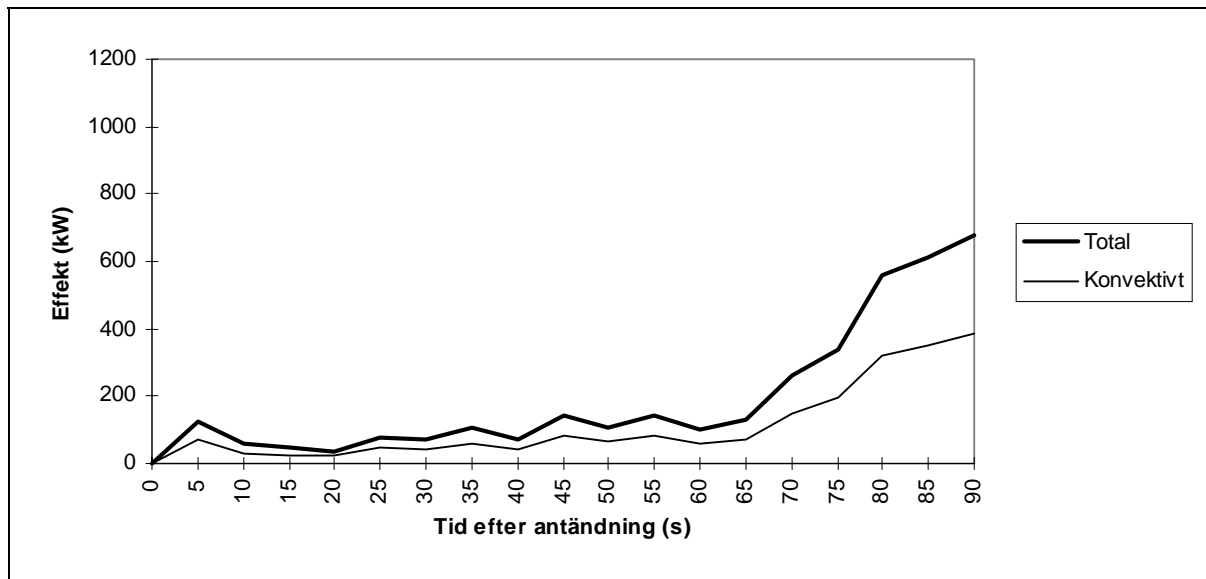
Temperaturen i brandrummet

Figur A.6.4 Temperaturen i brandrummet

Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.6.5 Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Massförlusten har beräknats fram tills sprinkleraktivering. Massförlusten vid en tidpunkt har beräknats genom att ta ett intervall på 10 sekunder innan och efter tidpunkten. Massan av fåtöljen och tändkällan vid intervallets början och slut har subtraherats och sedan dividerats med 20 sekunder för att få massförlusten per sekund. När massförlusten närmare sprinkleraktivering än 10 sekunder har beräknats har inget värde på massan på fåtöljen och tändkällan använts då denna massa är felaktig eftersom madrassen blir blöt efter sprinkleraktiveringen.

Effekten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.6.6 Effekttutvecklingen baserad på massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Effekten hos fåtöljen har beräknats med hjälp av tabeller ur SFPE-handboken. Tabellerna gäller för välventilerad brand. I de värdena på förbränningsvärme som har använts är förbränningseffektiviteten för en välventilerad brand medräknad.

För polyeten har värdena av polyetylen foam använts. I SFPE-handboken presenteras fyra olika värden på den effektiva totala och den effektiva konvektiva förbränningsvärmerna för polyeten. Av dessa värden har ett medelvärde beräknats och använts vid effektberäkningen. Medelvärdena är:

Effektiva totala förbränningsvärmerna: 34,2 kJ/g

Effektiva konvektiva förbränningsvärmerna: 19,5 kJ/g

Appendix 7 Försök 7

Försökets längd: 980 sekunder

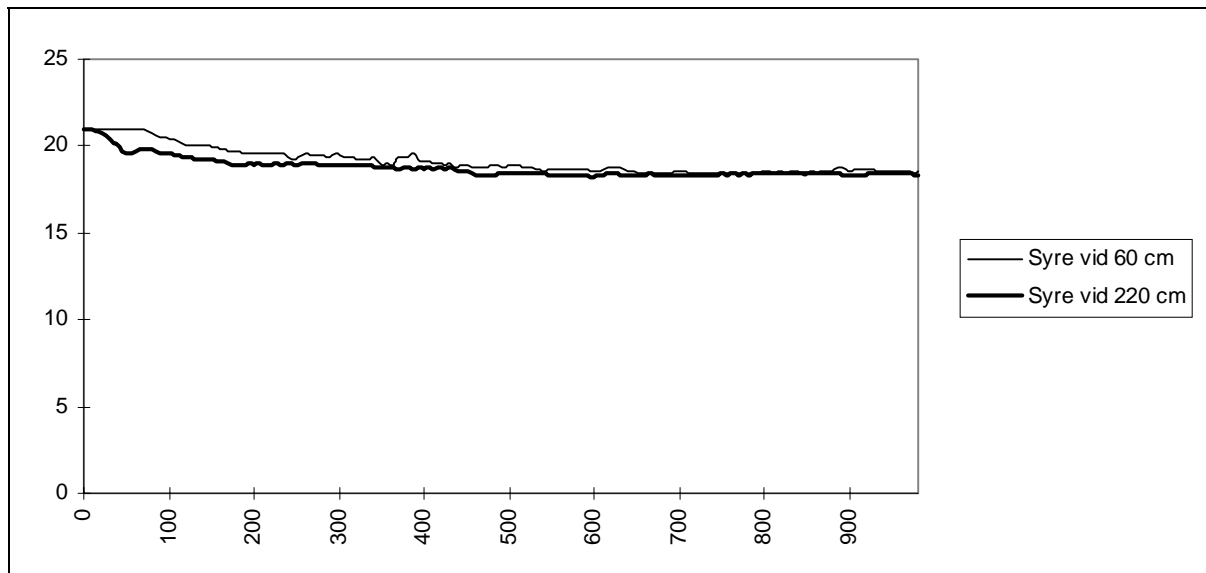
Tid till sprinkleraktivering: 41 sekunder

Uppskattad tid till sprinklern halverat effekten: 2-3 minuter

Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2435
Efter försöket	700-1000

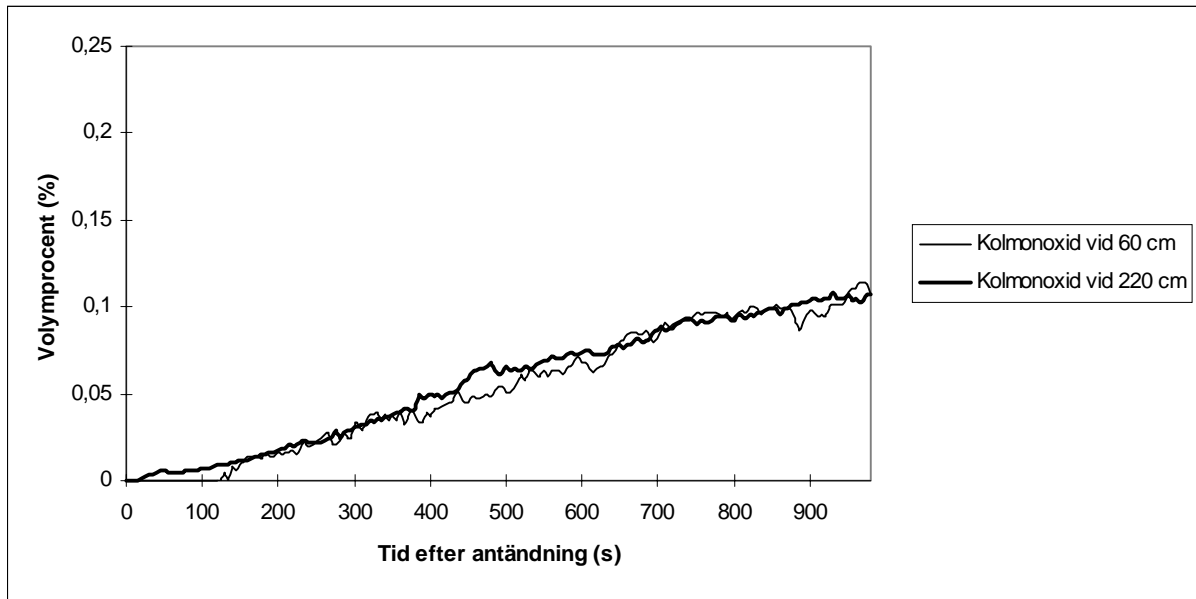
Tabell A.7.1 Madrassernas vikt. Vikten efter försöket är uppskattad

Syrekoncentrationen i brandrummet



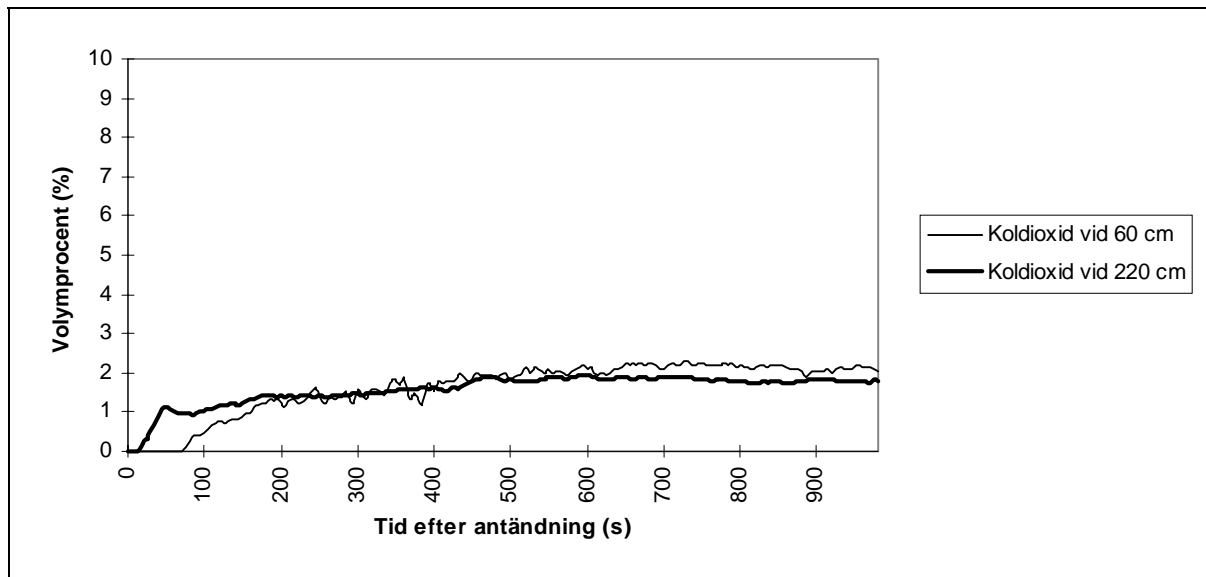
Figur A.7.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet



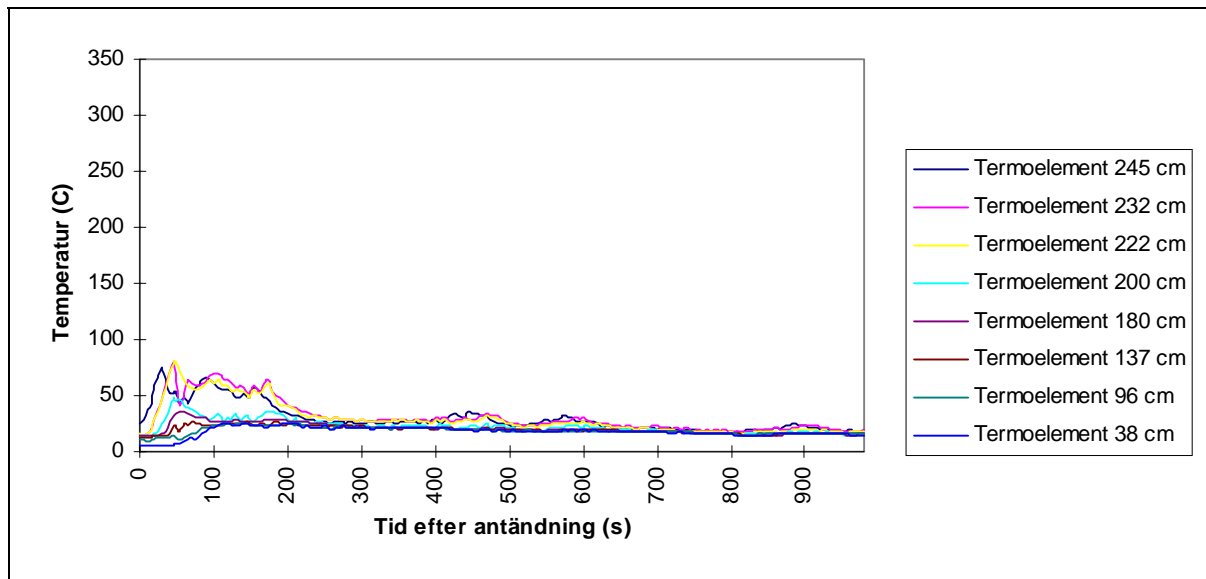
Figur A.7.2 Koncentration av kolmonoxid

Koncentrationen av koldioxid i brandrummet



Figur A.7.3 Koncentration av koldioxid

Temperatur i brandrummet



Figur A.7.4 Temperaturen i brandrummet

Vattenfördelningen i brandrummet

Vattenmugg	Vatteninnehåll (ml)	Vatteninnehåll vid 10 minuters sprinkling
1	72	46
2	67	43
3	111	71
4	173	111
5	79	50
6	57	36
7	199	127
8	228	146
9	128	82
10	194	124
11	215	137
12	122	78
13	109	70
14	69	44
15	109	70
16	88	56

Tabell A.7.2 Vattenfördelningen i brandrummet.

Vattenfördelningen mättes genom att plastmuggarna placerades ut symmetriskt i brandrummet, för vidare information se avsnitt 4.3. Vatteninnehållet mättes genom att plastmuggarna torkades av på utsidan och vägdes efter försökets slut. Vattenmängden beräknades sedan genom att subtrahera vikten av plastmuggen och muttern.

Vattenfördelningen vid tio minuters sprinkling är beräknade genom att vattenfördelningen dividerats med 939 som är tiden under försöket då sprinklern är igång. Sedan har vattenfördelningen per sekund multiplicerats med 600 för att få vattenfördelningen vid tio minuters sprinkling.

Den höga vattenfördelningen hos mugg 7,8,10 och 11 kan bero på att vatten droppar från sprinklerhuvudet efter sprinklervattnet stängts av.

Appendix Försök 8

Försökets längd: 600 sekunder

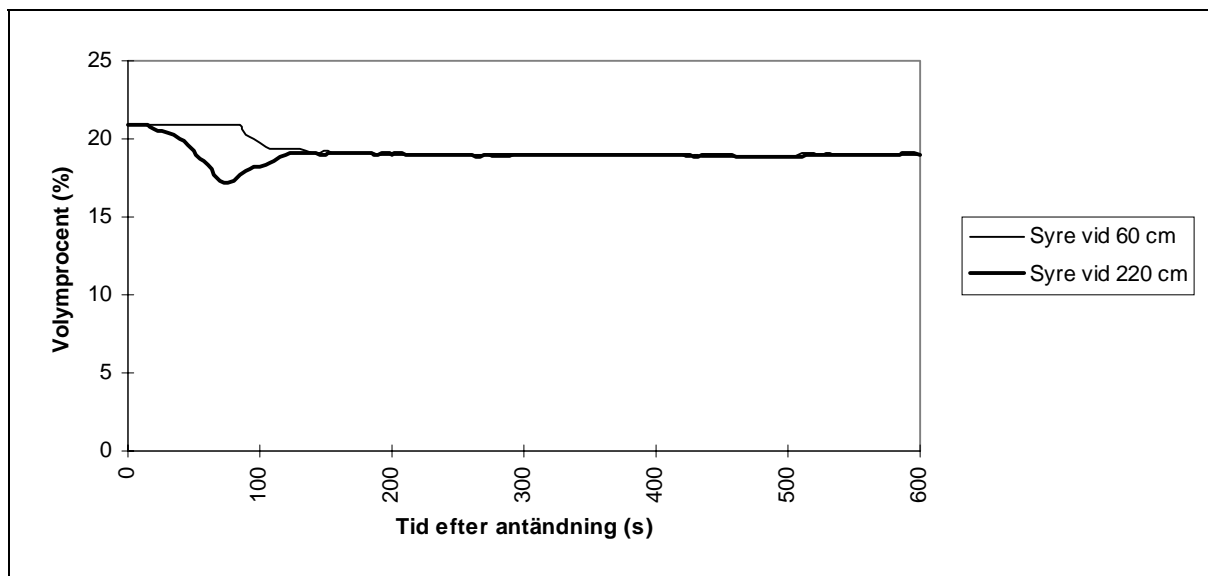
Sprinkleraktivering: 63 sekunder

Halva brandeffekten: 2-3 minuter efter antändning

Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2418
Efter försöket	1500-1700

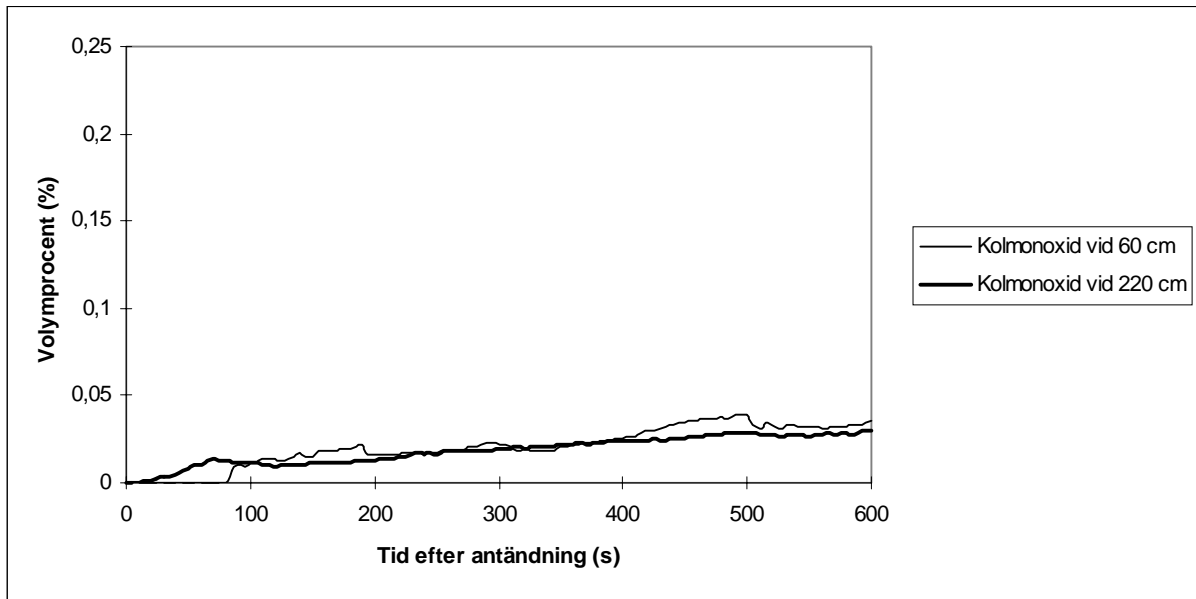
Tabell A.8.1 Madrassernas vikt. Vikten efter försöket är uppskattad

Koncentrationen av syre i brandrummet



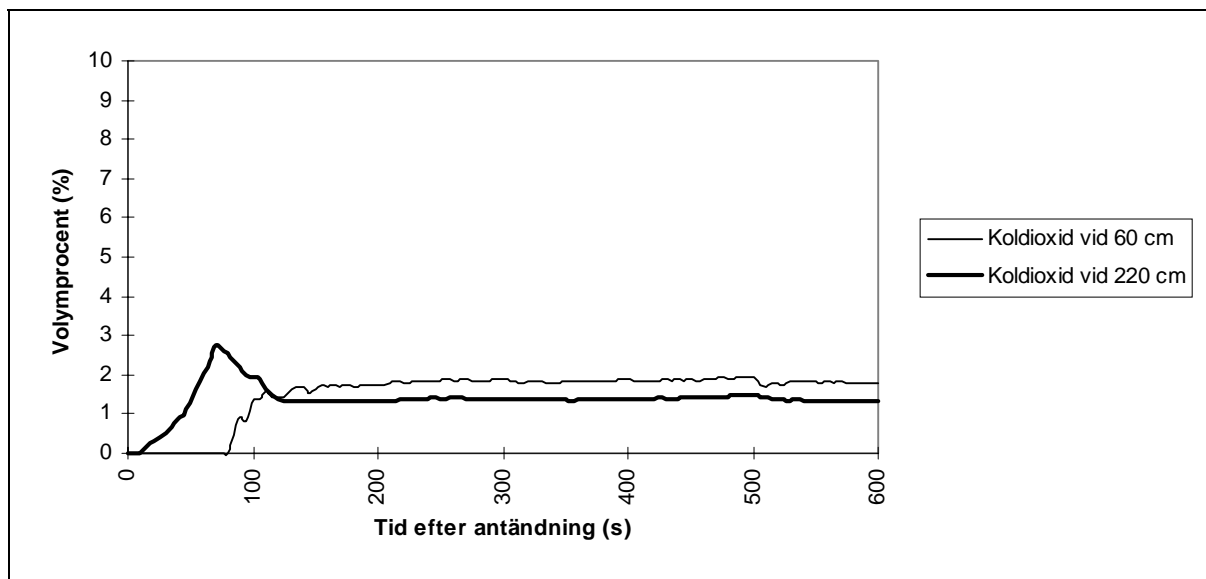
Figur A.8.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet

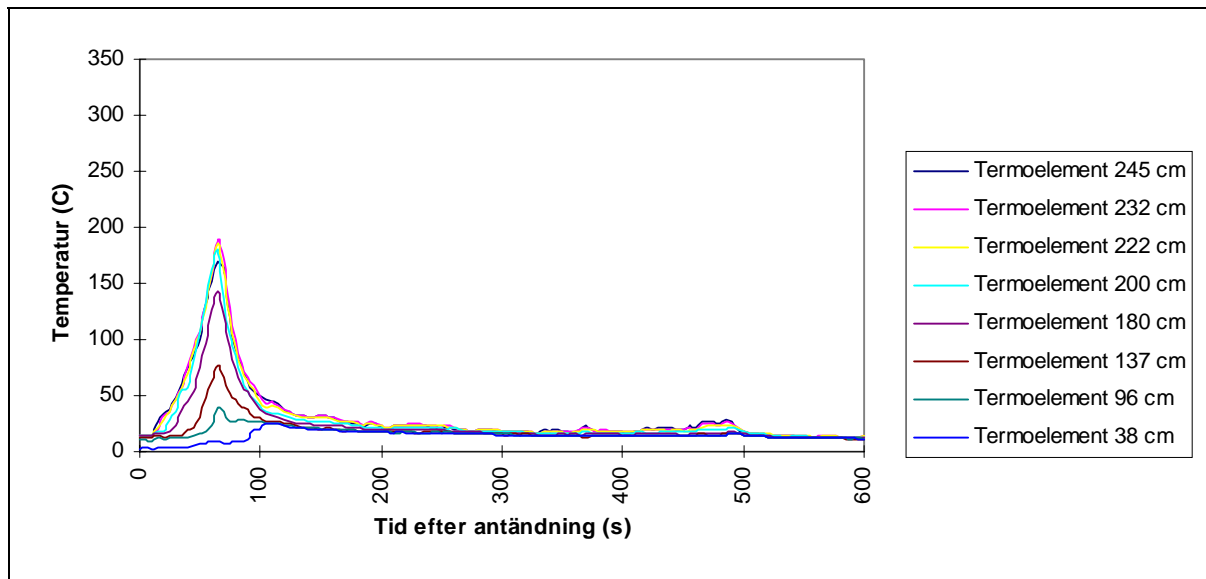


Figur A.8.2 Koncentration av kolmonoxid

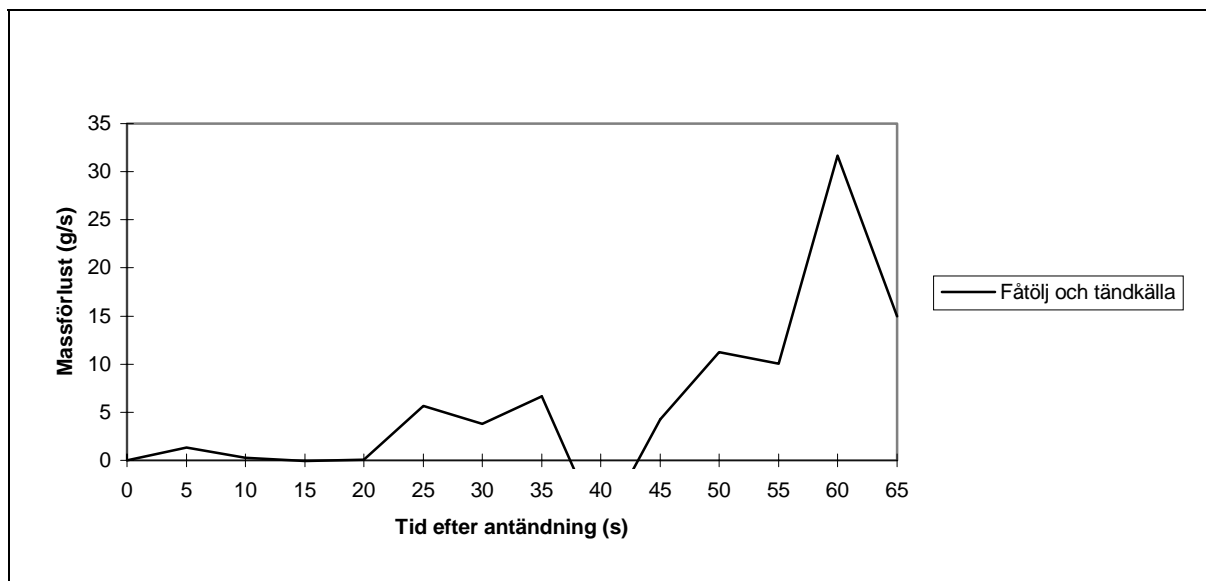
Koncentration av koldioxid i brandrummet



Figur A.8.3 Koncentration av koldioxid

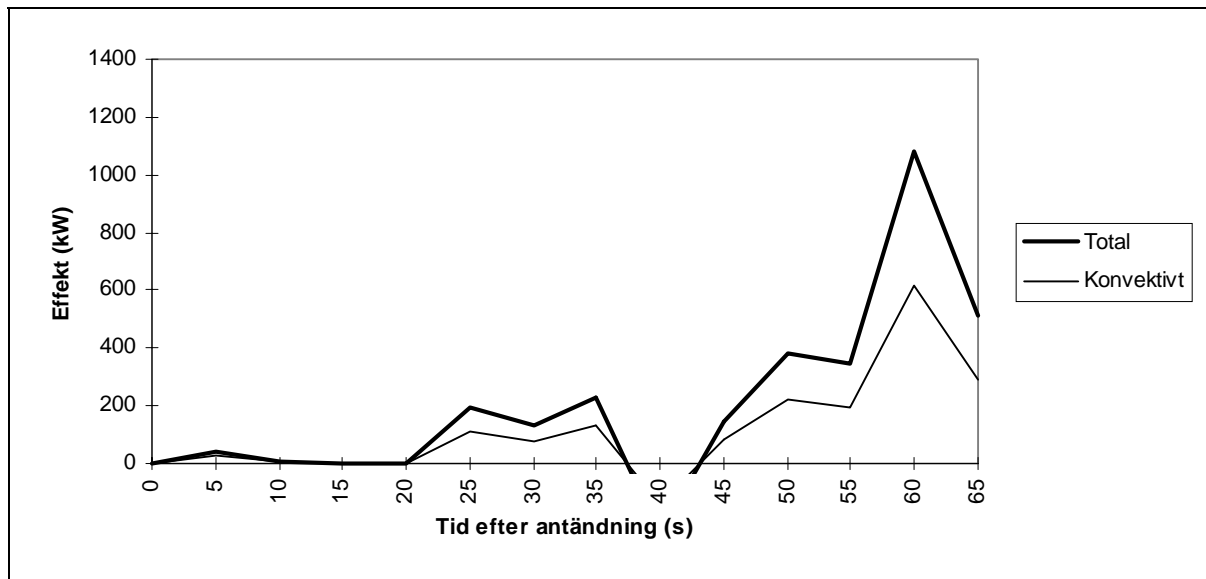
Temperaturen i brandrummet

Figur A.8.4 Temperaturen i brandrummet

Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.8.5 Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Massförlusten har beräknats fram tills sprinkleraktivering. Massförlusten vid en tidpunkt har beräknats genom att ta ett intervall på 10 sekunder innan och efter tidpunkten. Massan av fåtöljen och tändkällan vid intervallets början och slut har subtraherats och sedan dividerats med 20 sekunder för att få massförlusten per sekund. När massförlusten närmare sprinkleraktivering än 10 sekunder har beräknats har inget värde på massan på fåtöljen och tändkällan använts då denna massa är felaktig eftersom madrassen blir blöt efter sprinkleraktiveringen.

Effekten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.8.6 Effekttutvecklingen baserad på massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Effekten hos fåtöljen har beräknats med hjälp av tabeller ur SFPE-handboken. Tabellerna gäller för välventilerad brand. I de värdena på förbränningsvärme som har används är förbränningseffektiviteten för en välventilerad brand medräknad.

För polyeten har värdena av polyetylen foam använts. I SFPE-handboken presenteras fyra olika värden på den effektiva totala och den effektiva konvektiva förbränningsvärmets för polyeten. Av dessa värden har ett medelvärde beräknats och använts vid effektberäkningen. Medelvärdena är:

Effektiva totala förbränningsvärmets: 34,2 kJ/g

Effektiva konvektiva förbränningsvärmets: 19,5 kJ/g

Vattenfördelningen i brandrummet

Vattenmugg	Vatteninnehåll (ml)	Vatteninnehåll vid 10 minuters sprinkling (ml)
1	46	21
2	61	68
3	91	102
4	- (Fåtöljen står i vägen)	-
5	40	45
6	64	72
7	223	250
8	146	163
9	88	99
10	111	124
11	126	141
12	98	110
13	58	65
14	50	56
15	50	56
16	64	72

Tabell A.8.2 Vattenfördelningen i brandrummet.

Vattenfördelningen mättes genom att plastmuggarna placerades ut symmetriskt i brandrummet, för vidare information se avsnitt 4.3. Vatteninnehållet mättes genom att plastmuggarna torkades av på utsidan och vägdes efter försökets slut. Vattenmängden beräknades sedan genom att subtrahera vikten av plastmuggen och muttern.

Vattenfördelningen vid tio minuters sprinkling är beräknade genom att vattenfördelningen dividerats med 536 som är tiden under försöket då sprinklern är igång. Sedan har vattenfördelningen per sekund multiplicerats med 600 för att få vattenfördelningen vid tio minuters sprinkling.

Den höga vattentillförseln vid mugg 7,8,10 och 11 kan bero på att efter sprinklervattnet stängts av kan vatten ha droppat ner i dessa muggar från sprinklerhuvudet. Det droppade ett tag efter sprinlervattnet stängts av.

Appendix Försök 9

Försökets längd: 690 sekunder

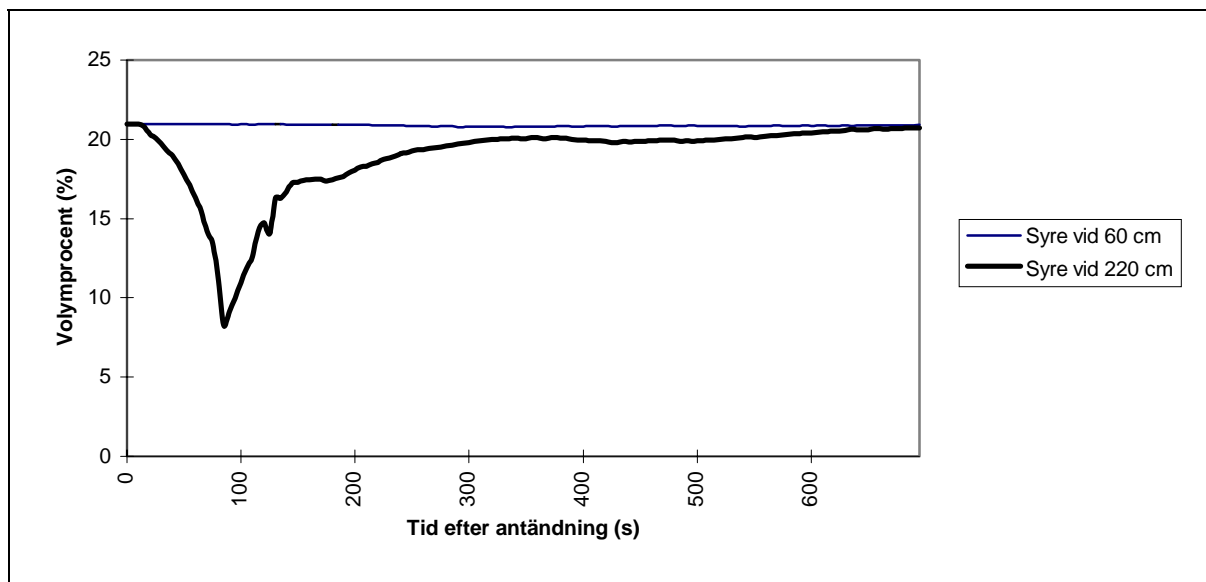
Sprinkleraktivering: 78 sekunder

Halva brandeffekten: 3-4 minuter efter antändning

Madrasserna	Vikt (gram)
Före försöket	2493

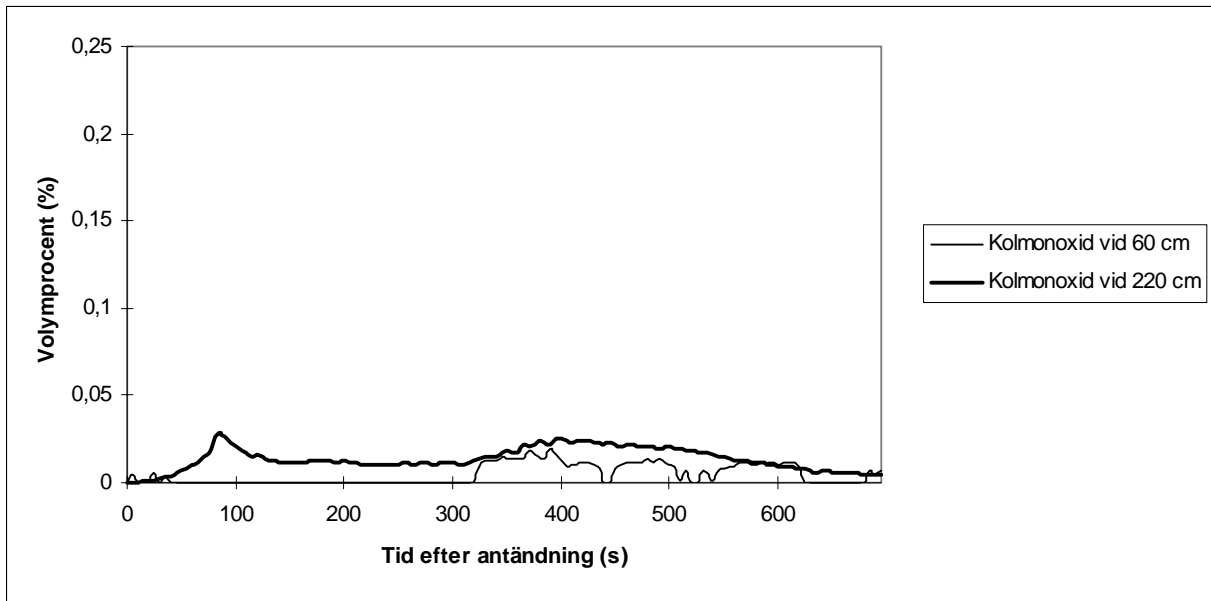
Tabell A.9.1 Madrassernas vikt.

Koncentrationen av syre i brandrummet



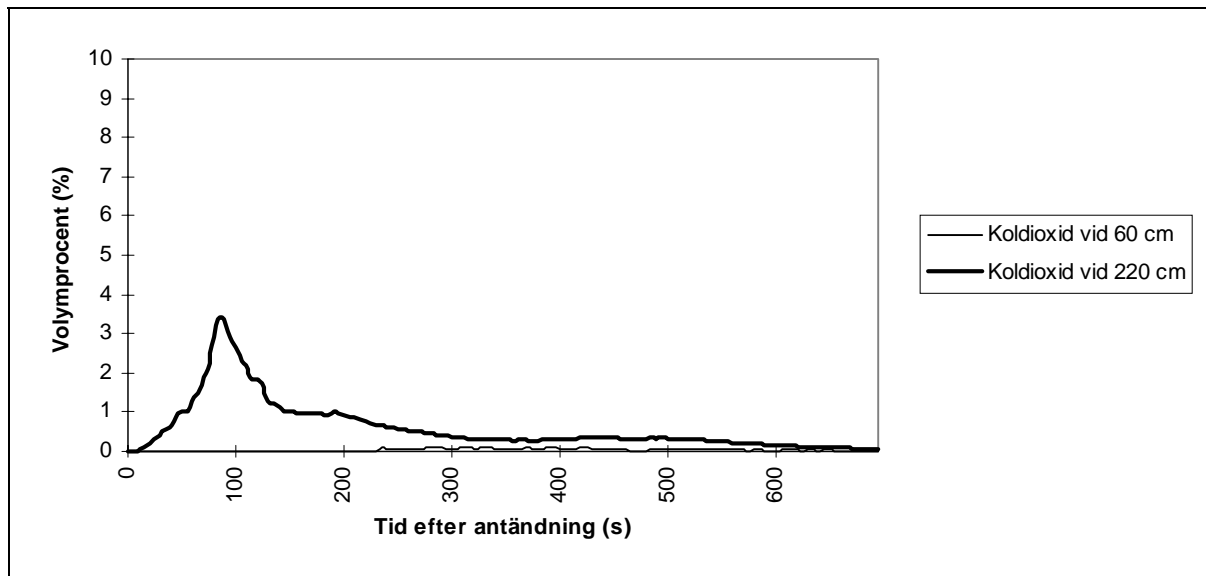
Figur A.9.1 Koncentration av syre

Koncentrationen av kolmonoxid i brandrummet

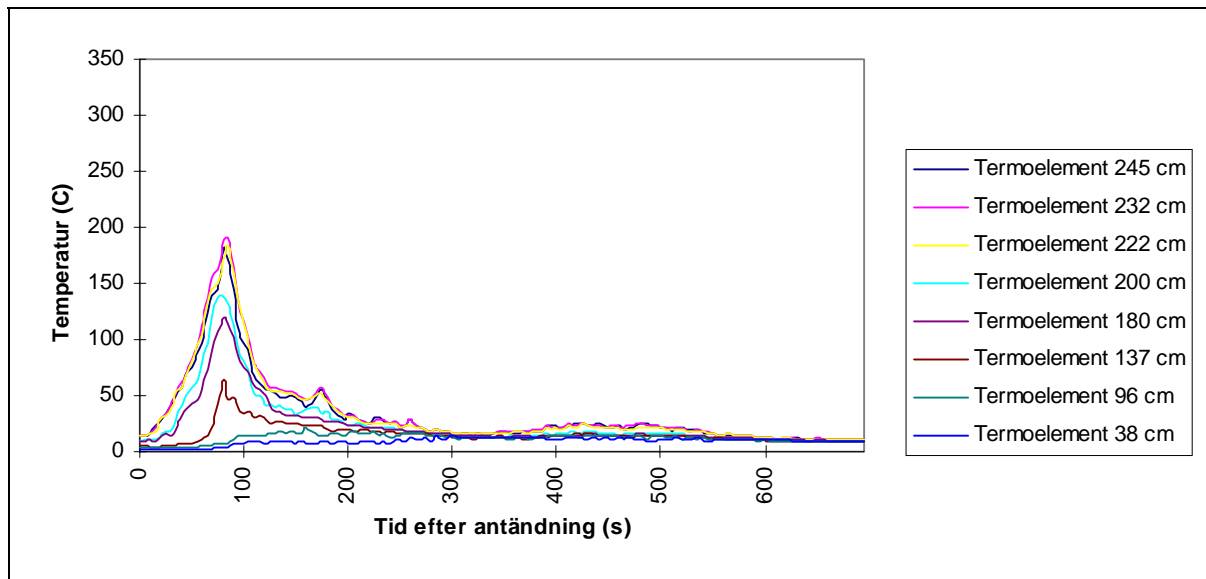


Figur A.9.2 Koncentration av kolmonoxid

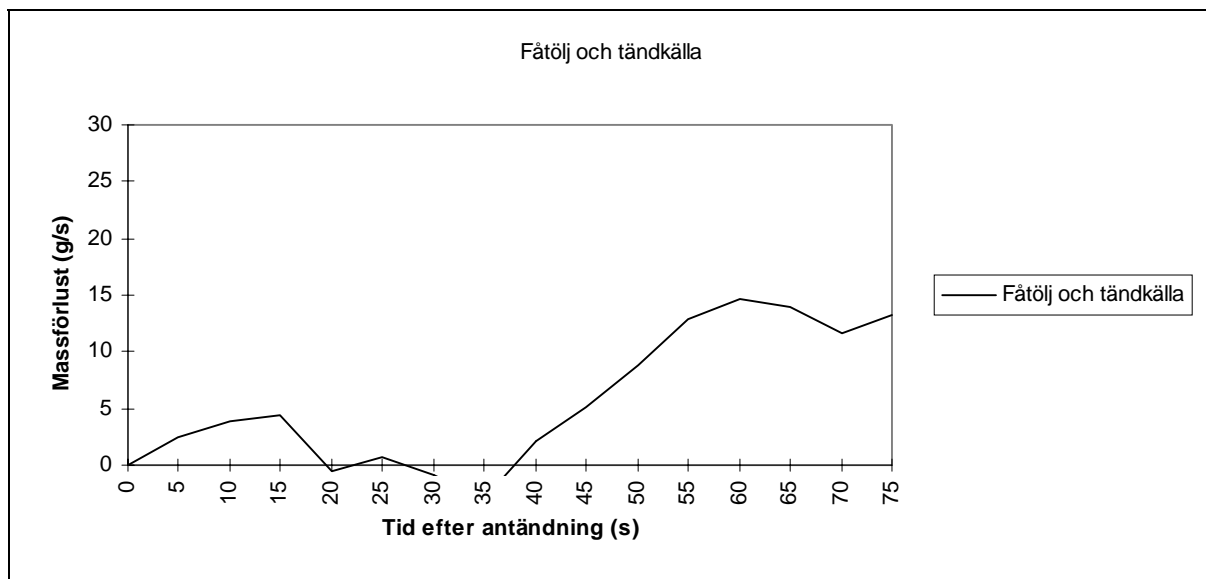
Koncentration av koldioxid i brandrummet



Figur A.9.3 Koncentration av koldioxid

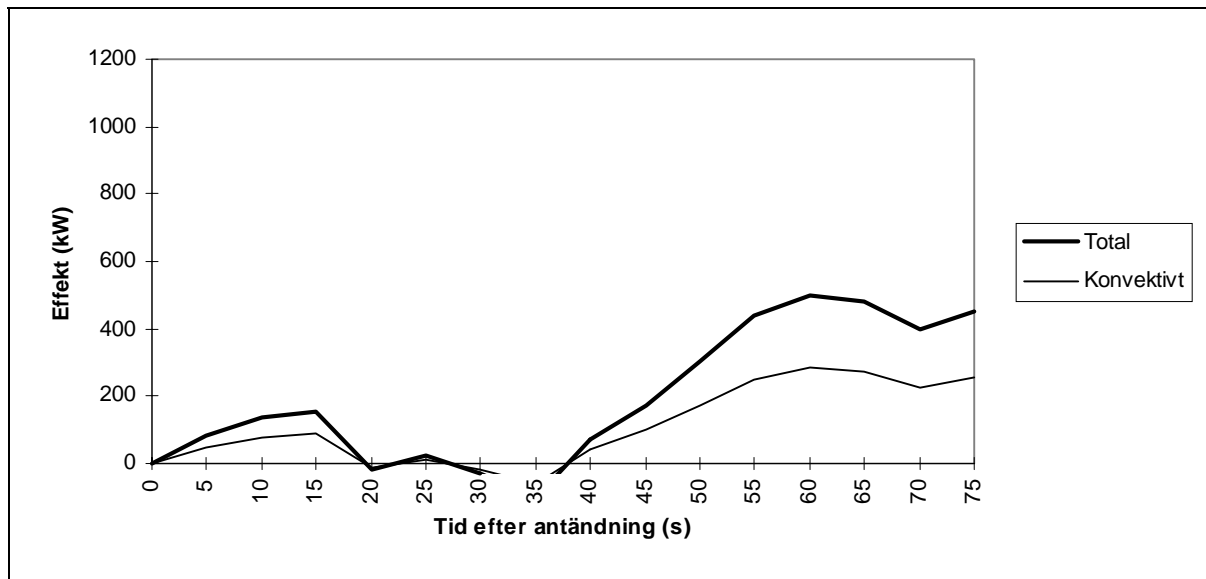
Temperaturen i brandrummet

Figur A.9.4 Temperaturen i brandrummet

Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.9.5 Massförlusten hos fåtöljen och tändkällan

Massförlusten har beräknats fram tills sprinkleraktivering. Massförlusten vid en tidpunkt har beräknats genom att ta ett intervall på 10 sekunder innan och efter tidpunkten. Massan av fåtöljen och tändkällan vid intervallets början och slut har subtraherats och sedan dividerats med 20 sekunder för att få massförlusten per sekund. När massförlusten närmare sprinkleraktivering än 10 sekunder har beräknats har inget värde på massan på fåtöljen och tändkällan använts då denna massa är felaktig eftersom madrassen blir blöt efter sprinkleraktiveringen.

Effekten hos fåtöljen och tändkällan

Figur A.9.6 Effekttutvecklingen baserad på massförlusten hos fåtöljen och tändkällan.

Effekten hos fåtöljen har beräknats med hjälp av tabeller ur SFPE-handboken. Tabellerna gäller för välventilerad brand. I de värdena på förbränningsvärme som har använts är förbränningseffektiviteten för en välventilerad brand medräknad.

För polyeten har värdena av polyetylen foam använts. I SFPE-handboken presenteras fyra olika värden på den effektiva totala och den effektiva konvektiva förbränningsvärmerna för polyeten. Av dessa värden har ett medelvärde beräknats och använts vid effektberäkningen. Medelvärdena är:

Effektiva totala förbränningsvärmerna: 34,2 kJ/g

Effektiva konvektiva förbränningsvärmerna: 19,5 kJ/g

Appendix 10 Kalibrering och osäkerheter vid mätningar

Utrustning

Vid mätningarna användes Siemens OXYMAT 2 och LEYBOLD-HERAEUS BINOS vid en höjd på 220 centimeter över golvet.

Siemens OXYMAT 5E och Siemens ULTRAMAT 22P användes vid syre och kolmonoxid/koldioxid mätningarna vid 60 centimeters höjd över golvet.

Kalibreringen har genomförts enligt följande.

1. Först får instrumentet suga in vanlig luft. Denna luft antas innehålla 20,95 volymsprocent syre och noll volymsprocent kolmonoxid och koldioxid.
2. Den maximala och minimala spänningen från instrumenten antecknades. Medelvärden av spänningar beräknades. Medelspänningarna finns redovisade i tabellerna i detta appendix för 20,95 % syre, 0 % kolmonoxid och 0 % koldioxid.
3. Instrumentet får sedan suga in en känd kalibreringsgas med kända koncentrationer av syre, kolmonoxid och koldioxid.
4. Den maximala och minimala spänningen som instrumentet avger antecknas samt att medelvärdet av dessa värden beräknas. Medelvärden återges i tabellerna i detta kapitel under de kända koncentrationerna av kalibreringsgasen.
5. Kalibreringskonstanterna har sedan beräknats genom att ta skillnaden i medelspänning ut från instrumentet vid en känd gaskoncentration jämfört med spänningen från instrumentet då det enbart suger in vanlig luft. Kalibreringskonstanten fås genom att dividera spänningsskillnaden med skillnaden i gaskoncentration mellan omgivande luften och kalibreringsgasen.

Kalibrering Syre

Mätare	Före försöken (mV)			Efter försöken (mV)		
	20,95	10	0	20,95	10	0
Kalibreringsgas (Vol%)	20,95	10	0	20,95	10	0
Siemens OXYMAT 5E	-	-2009	-2108	18,2	-1863	-2105
Kalibreringskonstant				171,8	-	
Siemens OXYMAT 2	-	4491	-410	9980,5	4899	121,5
Kalibreringskonstant (mV/%)		490,1		464,1	477,8	

Tabell A.2.1

Vid försöken har endast ett mätområde från 20,95% syre till 10 % syre använts på Siemens OXYMAT 5E använts. Vid försöken var inga syrehalter under 10 % men eftersom området inte kalibrerades innan försöken av misstag finns inga värden på osäkerheterna.

För en tioprocentig sänkning av syrekoncentrationen innan försöket gav Siemens OXYMAT 2 mätaren ett utslag på 490,1 mV per procent. Efter försöken ger OXYMAT 2 som mest en skillnad på

$490,1/464,1 = 1,056$ dvs en skillnad på 5,6 %.

Osäkerheten i mätningarna på OXYMAT 2 kan då vara överskattade med 6 % eftersom värdet på kalibreringskonstanten efter försöken har använts vid beräkningar av syrekoncentrationen.

Kalibrering Kolmonoxid

Kalibrering av kolmonoxiden utfördes för 0,2,2 volymsprocent innan försöken och för 0,202 och 0,0202 volymsprocent efter försöken var utförda. Anledningen till att två kalibreringskonstanter togs fram är att kolmonoxid och koldioxid instrumenten inte absorberar dessa gaser linjärt. Instrumentet försöker kompensera detta på elektrisk väg /6/ men instrumentet klarar inte kompensationen perfekt. För att minska felmarginalen kan då olika kalibreringskonstanter användas inom olika mätområden.

Mätare	Före försöket (mV)			Efter försöket (mV)		
	0	0,0202	0,202	0	0,0202	0,202
Siemens ULTRAMAT 22P	0,18	-	693	0,18	52	363
Kalibreringskonstant (mV/%)			3429,8		2565,5	1796,1
LEYBOLD-HERAEUS BINOS	8,7	-	215	5,3	27,4	204
Kalibreringskonstant (mV/%)		-	1021,3		1094,1	983,2

Tabell A.2.2 Kalibrering kolmonoxid

Skillnaden i kalibreringskonstant för Siemens ULTRAMAT 22P

$1796,1/3429,8 = 0,52$

Resultatet på koncentrationen på kolmonoxid kan vara överskattat med 52 % eftersom värdet på kalibreringskonstanten efter kalibreringen har använts vid beräkning av kolmonoxidkoncentrationen. Detta måste varit någon inställning som har ändrats under redan innan försöken påbörjats eftersom alla försök är överskattade med ca 50 %. Slutsatsen har dragits av de fallen då sprinklern inte aktiverats och hela rummet har varit fyllt med brandgaser. I dessa försök så har syre och koldioxidkoncentrationerna varit ungefär lika medans kolmonoxidkoncentrationen har varit dubbelt så stor. Ökningen av kolmonoxid är inte rimligt fysikaliskt utan måste bero på inställningar av instrumentet. Den högre kalibreringskonstanten (som resulterar i en lägre koncentration av kolmonoxid) har använts vid alla försök.

Skillnaden i kalibreringskonstant för LEYBOLD-HERAEUS BINOS

$$983,2/1021,3 = 0,96$$

Skillnaden i kalibreringskonstant på 0,2 procentnivån är under fyra procent före och efter försöken. Denna skillnad är försumbar.

Skillnaden i kalibreringskonstant mellan 0,2 procentnivån och 0,02 procentnivån är

$$1094,1/983,2 = 1,11$$

Skillnaden i bytet av kalibreringskonstant medför en osäkerhet i storleksordningen tio procent.

Kalibrering av koldioxid

Kalibrering av koldioxid har utförts med 4,99 volymsprocent innan försöken och med 4,99 och 0,50 volymsprocent efter försöken. Anledningen att två kalibreringar har utförts efter försöken är samma som för kolmonoxid nämligen att instrumenten inte absorberar koldioxid och kolmonoxid linjärt.

Mätare	Före försöken (mV)			Efter försöken (mV)		
	0	0,50	4,99	0	0,50	4,99
Siemens ULTRAMAT 22P	0.14	-	485	0,138	53,3	484
Kalibreringskonstant (mV/%)	-	-	97,2	-	106,3	97,0
LEYBOLD-HERAEUS BINOS	-5,6	-	534	1,28	45,6	509,6
Kalibreringskonstant (mV/%)	-	-	108,1	-	88,6	101,9

Tabell A.2.3 Kalibrering koldioxid

Siemens ULTRAMAT 22P

Siemens ULTRAMAT 22P har ej förändrats mellan försöken. Osäkerheterna i byte av kalibreringskonstant uppgår till

$$106,3/97,0 = 1,10$$

Osäkerheterna p.g.a.skillnader i kalibreringskonstanter är i storleksordningen tio procent.

LEYBOLD-HERAEUS BINOS

Skillnaderna mellan kalibreringarna före och efter är små

$$108,1/101,9 = 1,06$$

Instrumenten har ändrat sig och koldioxidkoncentrationerna kan ha en osäkerhet i storleksordningen sex procent.

Skillnaden vid byte av kalibreringskonstant är

$$101,9/88,6 = 1,15$$

Skillnaden i kalibreringskonstant kan ge osäkerheter i koldioxidmätningen på 15 %.

Slutsats

Vid att byta kalibreringskonstant har en osäkerhet på ungefär 10 % eliminerats. Osäkerheterna i kolmonoxidmätningen kan inte mätas p.g.a. att en inställning måste ha ändrats på Siemens ULTRAMAT 22P.