

Brandförsök med offensiv släckning kombinerat med övertryckningsventilering

Erfarenheter och mätresultat från försök i Svaneholm 5 - 6 nov 1997.



SP AR 1998 : 08

Haukur Ingason

Ronny Fallberg

Christer Palmkvist

Sören Gustavsson



Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, Borås
Räddningsskolan, Skövde

Arbetsrapport



Abstract

The report provides test results from full scale fire experiments using positive pressure ventilation (PPV) in an abandoned residential multi-storey building. The local fire brigade in Borås arranged these tests in order to train the use of PPV in connection with the extinction of the fire. Five fire tests were conducted in a 18 m² room in an apartment connected to a stairwell. The blower was located at the entrance to the stairwell. The building had 4 floors and 4 apartments on each floor. The fire load in each room consisted of 100 kg wood pallets, 100 kg particle boards and 10 kg madrases. The gas temperatures, volume flows and static pressures were measured at different locations. One test was also performed at the loft in the building.

The results are encouraging and show clearly the importance of using PPV in connection with fire extinction. Many benefits were found with the use of the technique. The fire fighters experienced less heat from the fire using the blower. Test with the apartment door opened and closed prior to starting the blower were performed. When the apartment door was closed the blower was able to prevent smoke to escape to the stairwell. When the door was open the stairwell became smokefilled but the PPV blower was able to clear the stairwell very quickly through the fire room and the smoke ventilator at the top of the stairwell.

Key words: positive pressure ventilation, fire extinction, blower, fire brigade

**Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Arbetsrapport 1998:08
Borås 1998

**Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Technical Notes 1998:08

Postal address:
Box 857, S-501 15 BORÅS,
Sweden
Telephone + 46 33 16 50 00
Telex 36252 Testing S
Telefax + 46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

	Abstract	2
	Innehållsförteckning	3
	Förord	4
	Sammanfattning	5
1	Inledning	6
2	Beskrivning av brandförsök	7
2.1	Fläkt	8
2.2	Mätinstrument	8
2.3	Brandbelastning	9
2.4	Fogventilering	9
3	Redovisning av rökdykarerfarenheter	10
4	Slutsatser	12
5	Referenser	13
Bilaga 1	Planbild över lägenhet	A1
Bilaga 2	Foton från försöksplats	B1
Bilaga 3	Mätresultat från försöken	C1

Förord

Försöken som presenteras i denna rapport har genomförts och planerats av **Räddningstjänsten i Borås** (Södra Älvsborgs räddningstjänstförbund) i samarbete med **Räddningsskolan i Skövde** som deltog med egen utrustning. Elever från Räddningsskolan i Skövde genomförde själva rökdykarinsatsen under handledning av Räddningstjänsten i Borås. Försöken dokumenterades med video från elvever vid Mediaskolan i Borås. **SP-Brandteknik** ansvarade för all mätutrustning och mätningar. Sören Gustavsson, Joel Blom och Jens Wilhelmson från SP-Brandteknik arbetade med installation och montering av mätinstrument. Räddningsverket i Karlstad har stöttat den mättekniska delen av projektet ekonomiskt. Ett stort tack till alla berörda.

Författare till rapporten är Haukur Ingason och Sören Gustavsson från SP-Brandteknik och Ronny Fallberg och Christer Palmkvist, Räddningstjänsten i Borås.

Sammanfattning

Rapporten innehåller försöksresultat från fältförsök med övertrycksventilation kombinerad med offensiv släckinsats, dimspik och sprängram. Försöken genomfördes i en hyresfastighet som skall rivas. Huset är ett trevåningshus byggt på 60 talet med 16 lägenheter och en trappuppgång. Överst finns en förrådsvind. En röklucka finns monterad överst i trapphuset. All lös inredning hade tagits bort. Kvar fanns dörrar, tapeter, fönster och plastmatta på golv. Den ditsatta brandbelastningen, som bestod av träpallar, spånskivor och madrasser, motsvarade den som finns i en normal lägenhet i Sverige. Rökdykarelever från Räddningsskolan i Skövde fick möjlighet att prova offensiv släckinsats kombinerad med övertrycksventilation i fem olika lägenheter. Ventilationstaktiken i kombination med släckningen varierades mellan försöken. Sista försöket var släckning av vindsbrand kombinerad med övertrycksventilation, dimspik och sprängram.

Den generella slutsatsen från försöken är att rökdykareleverna upplevde insatsen betydligt lättare när man hade övertrycksventilationen i ryggen. Sikten i angreppsvägen blev bättre, värmestrålning och brandgastemperaturer upplevdes lägre och ångpåverkan vid släckningen försvann. Om trapphuset var trycksatt när dörren öppnades till lägenheten så forcerades brandgaserna in i lägenheten och sikten förbättrades. Fördelen är också att inga brandgaser kommer ut i trapphuset och därmed undviker man oron hos de människor som finns i lägenheterna ovanför. Försök med övertrycksventilering av brandgaser i trapphuset genom röklucka visade sig fungera mycket effektivt. Mätningarna visar att volymflödet genom lägenheten var ungefär $3 \text{ m}^3/\text{s}$ och $2 \text{ m}^3/\text{s}$ genom rökluckan.

De fläktar som användes skapade ett övertryck på drygt 20 Pa i trapphuset i förhållande till brandrummet. Innan fönstret gick sönder kunde övertrycket i brandrummet variera mellan 50 och 200 Pa. När fönstret gick sönder så sjönk trycket i brandrummet till mindre än 5 Pa vilket gör att övertrycksventilationen kunde ventilera ut brandgaserna. Försöken visar att sänkning av brandgastemperaturen underlättar för snabbare ventilering av brandgaserna. Om inte övertrycksventilationen kombineras med släckning finns risk för höjning av brandgastemperaturerna. I ett försök höjdes brandgastemperaturen från $600 \text{ }^\circ\text{C}$ till $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ och lågorna utanför huset sträckte sig från nedersta våning upp till tredje våning.

Trots att brandbelastningen och rumsgeometri var likartad i alla lägenhetsförsöken så varierade brandförloppet mycket mellan försöken. I vissa fall gick det nästan för fort och i andra fall var det svårt att starta branden. En förklaring kan vara att tändningsförloppet och fukthalten var för varierande mellan försöken. Tätheten på lägenheterna kan också vara en bidragande orsak. Det finns behov av en mer systematisk genomgång av de erfarenheter som uppnåddes i dessa försök.

1 Inledning

Övertrycksventilation eller Positive Pressure Ventilation (PPV) är om den används på ett korrekt sätt en mycket effektiv metod för att ventilerar ut brandgaser och värme från ett brinnande rum. Mobila fläktar placeras nära tilluftsöppningar för att ventilerar bort farliga brandgaser genom utvalda frånluftsöppningar. Branden kan lokaliseras snabbt och man blir av med hettan vilket leder till att den fortsatta brandspridningen dämpas och brandmännen kan snabbt börja livräddning och släckning. Arbetsmiljön för brandmännen förbättras avsevärt eftersom temperaturerna sjunker och sikten blir betydligt bättre. Utrymmande personer har också större möjlighet att klara sig undan giftiga brandgaser och brandmännen har större möjlighet att hitta dem tidigare.

En annan fördel med övertrycksventilation är att kunna trycksätta en angränsande lokal till ett brandrum. Då minskar man risken för spridning av farliga brandgaser till det angränsande rummet. Ett bra exempel är trapphus. Där finns alltid en risk att röken smiter ut i trapphuset när brandmännen öppnar dörren till den brinnande lägenheten. Man vill inte få ut brandgaser i trapphuset under släckningsarbetet eftersom det kan påverka oroliga människor som är kvar i huset. Om man har trycksatt trapphuset minskar risken avsevärt för okontrollerad spridning av brandgaserna. Dessutom kommer brandgaserna när släckinsatsen i den brinnande lägenheten genomförs, förutsatt att fönster har gått sönder, att drivas ut ur lägenheten. När släckningsarbetet sedan börjar och temperaturen sänks så blir ventileringen ännu mer effektiv. De försök som presenteras i denna rapport bekräftar också detta.

Det finns dock ett generellt problem med ventilation. Detta gäller både naturlig och mekanisk ventilation. Branden kan, speciellt om man har en underventilerad brand, intensifieras när ventileringen börjar. Eftersom det alltid finns risk att stora mängder varma brandgaser samlas är det viktigt att gå fram med försiktighet. Räddningstjänsten har dock större möjlighet att kontrollera ventilationen med mobila fläktar jämfört med om man skall förlita sig enbart på naturlig ventilation i form av håltagning i tak som kan vara mycket riskfyllt eller genom att öppna fastmonterade brandluckor i tak. Kombinerad med t ex sprängningar och övertrycksventilation kan tekniken utnyttjas mycket effektivt.

Räddningstjänsten i Borås har under några år använt mobila fläktar som en del i den taktiska och släcktekniska insatsen. Det innebär att utrustningen är integrerad i offensivbrandsläckningen. I kombination med rökdykning, kylning av brandgastemperaturer och taktisk brandventilation (vanlig ventilation kombinerad med övertrycksventilation) kan man uppnå maximal effekt. I övriga Sverige är det Räddningsverket i Karlstad som har stöttat och genomfört forskningsprojekt kring övertrycksventilation. Det arbetet sammanfattas i tre olika rapporter [1, 2, 3]. Dessa rapporter har varit viktigt stöd i utvecklingen av tekniken för räddningstjänsten i Borås.

De försök som presenteras i denna rapport har för avsikt att skaffa underlag för att bygga upp standardrutiner vid insats i flervåningshus och andra typer av lägenheter eller villor. Målsättningen är också att studera släckningen med strålrör i kombination med övertrycksventilation. Genom att mäta temperaturer, tryck och flöde kan man göra jämförande studier.

2 Beskrivning av brandförsök

Försöken genomfördes i Svaneholm 11 km söder om Borås, i ett flervåningshus (punkthus) på 16 lägenheter. Räddningstjänsten i Borås fick den unika möjligheten att genomföra brandförsök innan det rivs. Huset är byggt på 60 talet och all lös inredning hade tagits bort. Kvar fanns alla dörrar, tapeter, fönster och plastmatta på golv. En mobil övertrycksfläkt placerades strax utanför entrén till trapphuset. I bilaga 1 finns planbild över lägenheter och i bilaga 2 finns foton av själva huset och den utrustning som användes. Sex försök genomfördes, fem i lägenheterna och ett uppe på vinden. Mätningar gjordes i fem av försöken. I bilaga 3 finns alla mätresultat redovisade. I tabell 1 finns en sammanfattad beskrivning av alla försöken. Sedan följer beskrivning av den utrustning som användes.

Tabell 1 Försöksplan för försöken i Svaneholm.

Försök nr	Plats	Fläkt	Taktik	Övriga kommentarer
01	3 vån/södra brand i lägenhet 18 m ²	Tempest 24"	Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> fönster brister -> fläkt på -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas	
02	3 vån/norra brand i lägenhet 18 m ²	Tempest 24"	Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> fönster brister -> fläkt på -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas	Ingen mätning gjordes
03	2 vån/norra brand i lägenhet 18 m ²	Typhoon 24"	Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> fönster brister -> fläkt på -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas	Tre försök att tända på grund av syrebrist
04	2 vån/södra brand i lägenhet 18 m ²	Typhoon 24"	Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas -> fönster krossas -> fläkt på	Mycket snabbt brandförlopp/ ruta sprängdes av övertrycket i små bitar
05	1 vån/norra brand i lägenhet 18 m ²	Typhoon 24"	Brand till övertändning -> öppen lägenhetsdörr -> rök ut i trapphus -> röklucka i trapphus öppnas -> fläkt på -> släckning påbörjas	Våldsam flamma ut genom fönster efter att fläkt startar
06	Vindsförråd 67,5 m ²	Typhoon 24"	Brand till övertändning -> stängd vindsdörr -> sprängram (ev dimspik) -> fläkt på -> manuell släckning	Svårt att få fart på branden på grund av syrebrist

2.1 Fläkt

I försök 1 och 2 användes en Tempest 24" fläkt. I försök 3-6 användes en Typhoon 24 " fläkt. Fläktarna placerades strax utanför entrén till trapphuset. Typhoon fläkten stod ungefär 1 m från dörröppningen (vanlig dörr ca 0,8 m x 2 m) och den riktades uppåt 10 - 20° från vertikallinje. Innan försöken gjordes en mätning för att optimera placeringen av fläkten. En bärbar hastighetsmätare placerades i dörröppningen till en lägenhet på andra våningen där balkongdörren var öppen. Alla dörrar utom den till lägenheten var stängda. En maxhastighet på ungefär 3 m/s uppmättes vid bästa placering av fläkten. Detta motsvarar ungefär 3,4 m³/s. Typhoon fläkten ska ge omkring 4-5 m³/s vilket kan bero på högre mottryck för fläkten och att en del luft har "försvunnit" på vägen genom springor och andra små öppningar i trapphuset. Fläktens kapacitet minskade (2,8 m³/s) när den placerades för nära dörren (ca 0,5 m) eller för långt borta (ca 1,5 m). Ett försök gjordes med bägge fläktarna (Tempest + Typhoon) seriekopplade vid ingången till trapphuset och då ökade hastigheten i dörröppningen till 3,4 - 3,5 m/s.

2.2 Mätinstrument

En termostapel placerades mitt i brandrummet. Två 0,25 mm typ K termoelement placerades 1 m och 2,2 m från golvet. En statiskt tryck mätare placerades i fönsterkarmen 1,5 m ovan golv och 0,3 m från ena innerväggen. En annan mätare placerades ute i trapphuset 1,5 m ovan golv och i dörren på motsatt lägenhet. Dessa mätare mätte direkt tryckdifferensen i Pa mellan trapphus och brandrum. Således kan vi uppskatta vilket mottryck fläktarna får arbeta emot innan dörren till lägenheten öppnas. De kan också användas för att uppskatta volymflödet genom lägenheten efter att fläktarna har startat. Ett termoelement placerades 2,25 m ovan golv i trapphuset mitt utanför den högst placerade lägenheten. Både en hastighetsmätare och ett termoelement placerades i den brandlucka som fanns högst i trapphuset. Brandluckan var gjord av armerad glas och låg i stängt läge 45 mot horisontalplanet. Luckans horisontala mått var 1 m x 1,1 m med ett djup på ungefär 1 m - 1,5 m. Hastighetsmätaren (bi-directional) och termoelementet placerades längst i luckan och i mitten. Dessa mätare användes för att mäta volymflödet i luckan i försök 5. Tre termoelement placerades uppe på vinden i försök 6. De var placerade mitt i mellan de 4 dimspikar som hade placerats ut i förväg. Termoelementen var placerad 30 cm nedan tak. Ett av termoelementen var ett sk plattermoelement.

2.3 Brandbelastning

Brandbelastningen motsvarar den som finns i en normal lägenhet i Sverige. För en 2-rums lägenhet med kök är den 150 MJ/m^2 [4]. Detta innebär att för en 18 m^2 lägenhet, som i vårt fall, så motsvarar det en total brandbelastning på 2700 MJ. I försöken användes 100 kg (+/- 4 kg) lastpall, 95 kg spånskiva (varje skiva var $1,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 12 \text{ mm}$) och 10 kg (+/-3 kg) madrass. Detta motsvarar den brandbelastning som nämndes innan (2700 MJ). I försök 01-05 så lades totalt 10 pallar, fem och fem bredvid varandra mitt framför innerväggen i brandrummet (se skisser i Bilaga A). En spånskiva lades horisontellt ovanpå pallarna och mot innerväggen, två spånskivor monterades i tak direkt ovanför pallarna, en spånskiva lades på golv i vertikalt läge framför gavelväggen och mitt emot pallarna och slutligen så spikades en spånskiva horisontellt för att täcka för fönstret som satt på gaveln. Madrasser placerades ovanpå pallarna och på golvet mot gavelväggen. Brandbelastningen var därmed fördelat över brandrummet. Tändkällan bestod av tidningspapper som placerades i mellan 2-3 av pallarna som var längst bort i från fönstret. I något försök var man tvungen att använda diesel för att få fart på branden.

Brandrummet hade måtten $3,6 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ (18 m^2) med takhöjd på 2,5 m. Fönstret hade måtten $2,5 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}$ hög ($3,25 \text{ m}^2$) inklusive balkongdörren. Dörren intill brandrummet hade måtten $0,8 \text{ m} \times 2 \text{ m}$.

Brandbelastningen på vinden bestod av två trädörrar, en madrass och lite andra lösa saker som var brännbara. Meningen var att detta skulle räcka för att antända den andra brandbelastningen som bestod av träreglar och balkar för förrådssektioneringen. Dessutom bestod taket av spontade träbrädor och takpapp. Ingen övrig brandbelastning fanns på vinden.

2.4 Fogventilering

I vissa sammanhang används strålrör för att ventilera ett brandrum (fogventilering). Då sprutar man med strålröret ut genom det öppna fönstret. En intressant fråga är hur mycket luft injekterar fogstrålen. För att ta reda på det mätte vi lufthastigheten i dörröppningen till lägenheten. Mätningen gjordes med en bärbar hastighetsmätare på 4 olika höjder mitt i dörröppningen. En medelhastighet beräknades fram och därav kunde volymflödet beräknas. När man stod 1 m från fönstret med strålröret så var medelhastigheten i dörren $1,46 \text{ m/s}$ vilket motsvarar ett volymflöde på $1,63 \text{ m}^3/\text{s}$ eller $98 \text{ m}^3/\text{min}$. Om man stod 1,5 m från fönstret ökades hastigheten till $2,18 \text{ m/s}$ eller $2,45 \text{ m}^3/\text{s}$ ($147 \text{ m}^3/\text{min}$). I läroböcker talas om $300 - 350 \text{ m}^3/\text{min}$ vilket är betydligt högre än vad som uppmättes här.

3 Redovisning av rökdykarerfarenheter

Brandmannelever från Räddningsskolan i Skövde deltog i fem försök med offensiv släckinsats kombinerad med övertrycksventilation. Ventilationstaktiken i kombination med släckningen varierades mellan försöken (se tabell 1). Sista försöket var släckning av vindsbrand kombinerad med övertrycksventilation, dimspik och sprängram.

De elever som deltog ombads fylla i en enkät efteråt. En utvärdering av deras svar visar att de upplevde en stor förbättring av insatsmiljön när fläktarna startades. Före angrepp var sikten dålig och brandgaserna varma men förbättrades snabbt när fläktarna startade. Problem med ångbildning försvann. Nedan ges exempel på några av svaren som brandmanneleverna lämnade:

Sikt och synintryck under och efter angreppet/brandgaskylning?

”Det var ej någon hög temperatur (tredje man in i brandrummet), hade mycket god sikt och kunde stå rak” (försök 3)

”Nollplan oförändrat på grund av turbulens, mycket ånga i brandgaserna (ljusare i hallen)” (försök 5)

”Lågor och flammor möter oss när dörren öppnas, inte mycket vattenånga. Ingen sikt alls” (försök 6, vindsbrand)

Hur upplevd/kände ni temperaturen på brandgaserna under och efter angreppet/brandgaskylningen?

”Tempen sjönk mycket snabbt” (försök 3)

”Upplevde strålningsvärme men bra miljö med tanke på temperatur (svalare)” (försök 5)

”Ingen värme alls. Ingen sikt” (försök 6, vindsbrand)

Hur upplevde ni att övertrycksventileringen startade. Syn, hörsel, känsel?

”Hörseln: väldigt svårt att höra radiokommunikationen, känsel: tyckte det var bra temp (svalt), syn: brandgaserna virvlade runt” (försök 5)

”Det vindar lite. Fläkten dånar”

I vilken fas av angreppet/brandgaskylningen upplevde ni fördelen med övertrycksventileringen?

”Vid inträngningen till brandrummet” (försök 3)

” I detta testet var det ingen fördel kanske beroende på att vi hade problem med fogen men nollplanet steg aldrig vid angreppets början” (försök 5)

”Hela angreppet”

”Hade frånluftshålet varit bättre placerat hade det varit bättre sikt hela tiden, ingen påtaglig värme någon gång” (försök 6, vindsbrand)

Rökdykareleverna genomförde några egna försök som inte finns redovisade i denna rapport. Däremot har de beskrivit hur de upplevde försöken.

”Försök utan fläkt. Värmestrålningen större. Längre tid innan sikten blev bra”

”Försök med fläkt. Bra sikt och låg temperatur. Ingen ångpåverkan”

”Bra att man fick sitta och se effekten av fläkten. Bra behaglig miljö tills fläkten slogs av, då sjönk nollplanet och sikten försvann”

Nedan finns en redogörelse från en erfaren rökdykare vid Räddningstjänsten i Borås som deltog i försök nr 3:

”Första försöket att åstadkomma en stabil rumsbrand var mindre lyckad, dock producerades mycket rök och värme. När insatsen började var sikten lika med noll i trapphuset. Vi fick rapport utifrån om att temperaturen sjönk oroväckande inne i brandrummet. Order kom om att krossa fönster mot balkongen och så gjordes från insidan. Mer diesel hälldes på och som tändmaterial tog vi vad vi kunde få tag på - diverse papperslappar samt min mössa. Dörren hölls öppen som tidigare och branden blev stabil. Nollplanet var ca 10 cm från golvet. Min manometer visade 100 bar och läget rapporterades ut. Klartecken kom utifrån om att insatsen kunde starta. Ventilation begärdes och bekräftades. Nu var trapphuset duktigt fyllt med kalla brandgaser och sikten var dålig. Vi avancerade genom tamburen samtidigt som finfördelat vatten kylde brandgaserna. När vi nådde brandrummet var sikten ganska god och värmen var försumbar dock var strålningsvärmen som den brukar. Kylningen fortsatte men nu med för bred konvinkel och för korta pulsationer. Detta korrigerades omgående och bör ej haft så stor inverkan på försöket som helhet. Nu gick det fort. Brandgaserna kylades med 300 l/min och ganska smal konvinkel. Putsen i taket föll. Sikten var efter några sekunder helt obehindrat. Initialbranden släcktes offensivt utan att ångbildningen besvärade oss. Samtliga rökdykare var mycket förvånade av att det gick fort att få bra sikt och låg temperatur”.

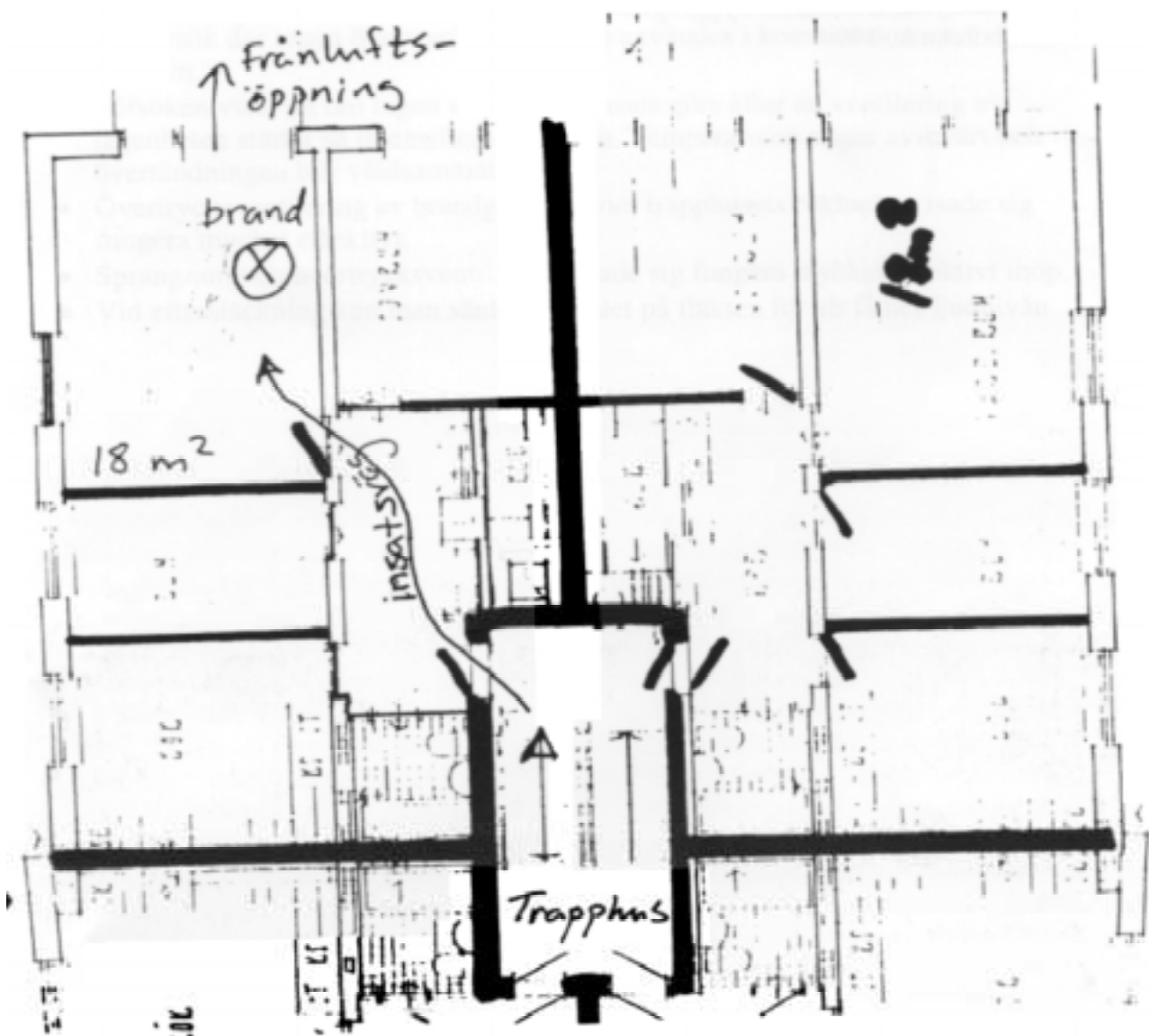
4 Slutsatser

Nedan ges några av de viktigaste slutsatserna:

- Släckinsatsen betydligt enklare när man har övertrycksventilationen i ryggen.
- Om trapphuset är trycksatt när insatsen börjar så forceras brandgaserna in i lägenheten när dörren öppnas och sikten blir betydligt bättre vid släckinsatsen. En stor fördel är också att inga brandgaser kommer ut i trapphuset och därmed undviker man oro de människor som finns i lägenheterna ovanför.
- Rökdykarna upplevde betydligt mindre värme från brandgaserna jämfört med det försök där ingen övertrycksventilation användes i kombination med släckinsatsen.
- Försöken visar att om ingen snabb släckinsats görs efter att ventilering av lägenheten startar så intensifieras branden. Temperaturen stiger avsevärt och övertändningen blir våldsammare.
- Övertrycksventilering av brandgaser genom trapphusets röklucka visade sig fungera mycket effektivt.
- Sprängram och övertrycksventilation visade sig fungera mycket effektivt ihop.
- Vid eftersläckning kan man sänka varvtalet på fläkten för att få ner ljudnivån.

5 Referenser

- ¹ Övertrycksventilation - Förstudie över brandventilation med mobila fläktar, FoU Rapport P21-092/94, Räddningsverket
- ² Brandventilation i teori och praktik, R53-146/96, Räddningsverket
- ³ Försök med brandgasventilation i en liten lägenhet, R53-159/96, Räddningsverket
- ⁴ Brandskydd, Boverkets byggregler teori&praktik, Brandskyddslaget-LTH-Brandteknik, 1994

Bilaga 1 Planbild över lägenhet

Figur 1 Brand anlagdes i en 18 m² lägenhet och insatsen gjordes från trapphuset via tamburen. Brandbelastningen bestod av träpallar, spånskivor och madrasser.

Bilaga 2 Foton från försöksplats



Figur 1 Översiktsbild över rivningsfastigheten som användes för försök.



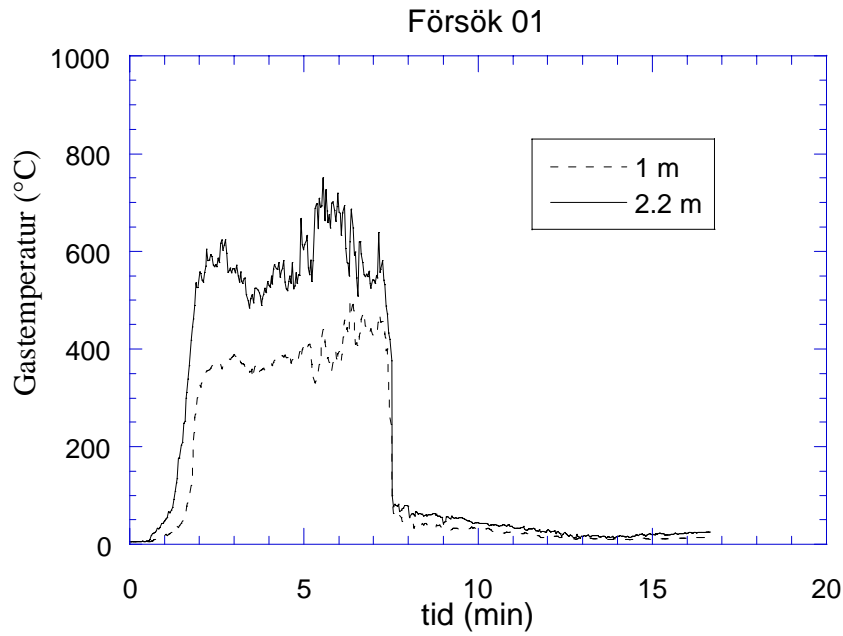
Figur 2 Brandbelastningen i lägenheten bestod av träpallar, spånskivor och madrasser. Brandbelastningen motsvarar den som finns i en normal lägenhet i Sverige.



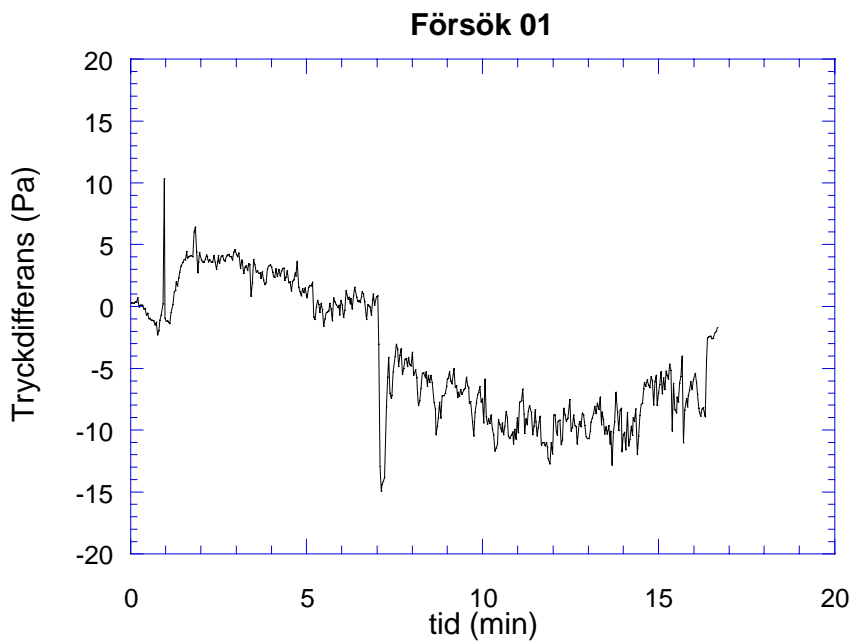
Figur 1 Till vänster i bild ser vi en mobil övertrycksfläkt placerad strax utanför entrén till trapphuset. Till höger ser vi en övertänd lägenhetsbrand på andra våningen (försök 4).

Bilaga 3 Mätresultat från försöken

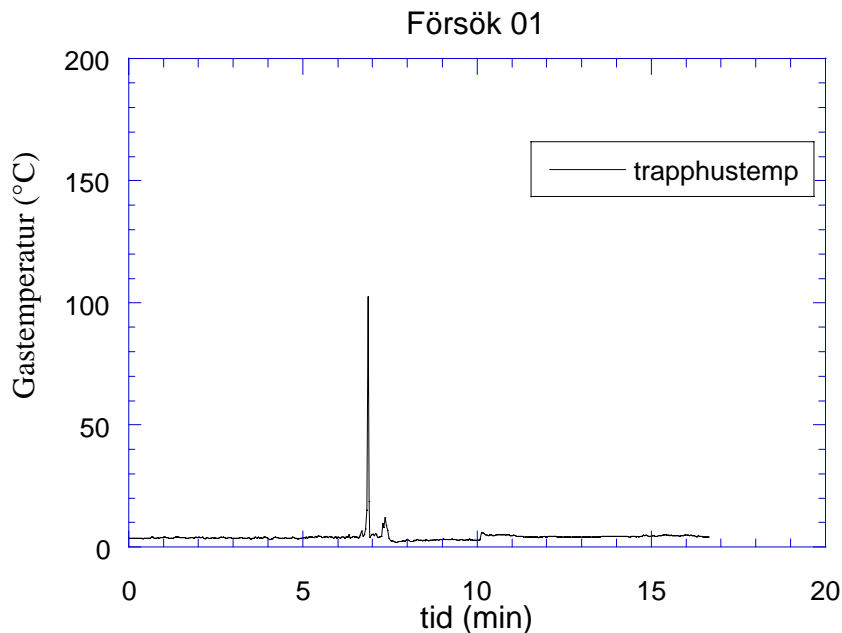
Försök 1: Taktik: Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> fönster brister -> fläkt på -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas



Figur 1 Brandgastemperatur mitt i brandrummet på två olika höjder från golvet.



Figur 2 Tryckdifferens mellan brandrum och trapphus. Positiva värden innebär ett övertryck i brandrum och negativa värden innebär övertryck i trapphuset.

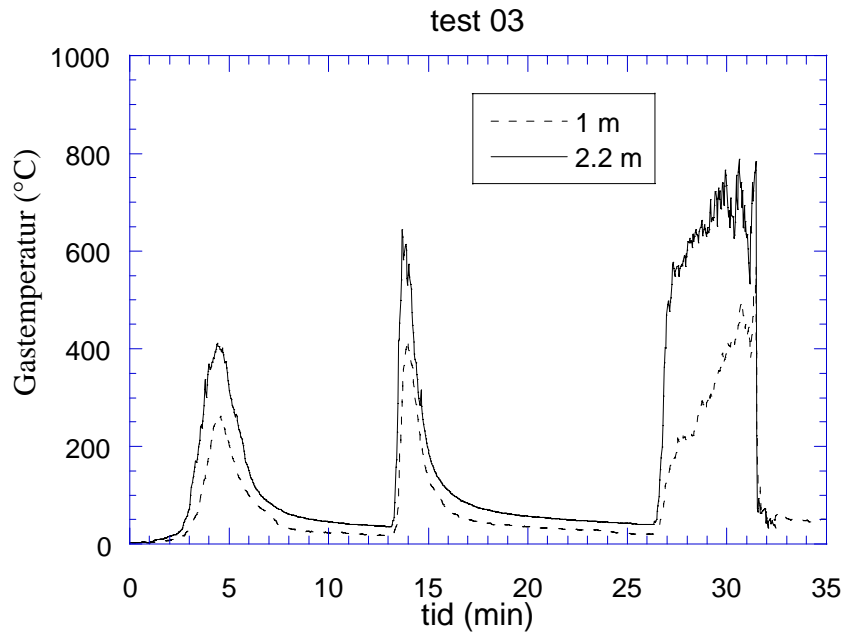


Figur 3 Brandgastemperatur överst i trapphus. Dörren till lägenheten öppnades 6:45 min:s från tändning.

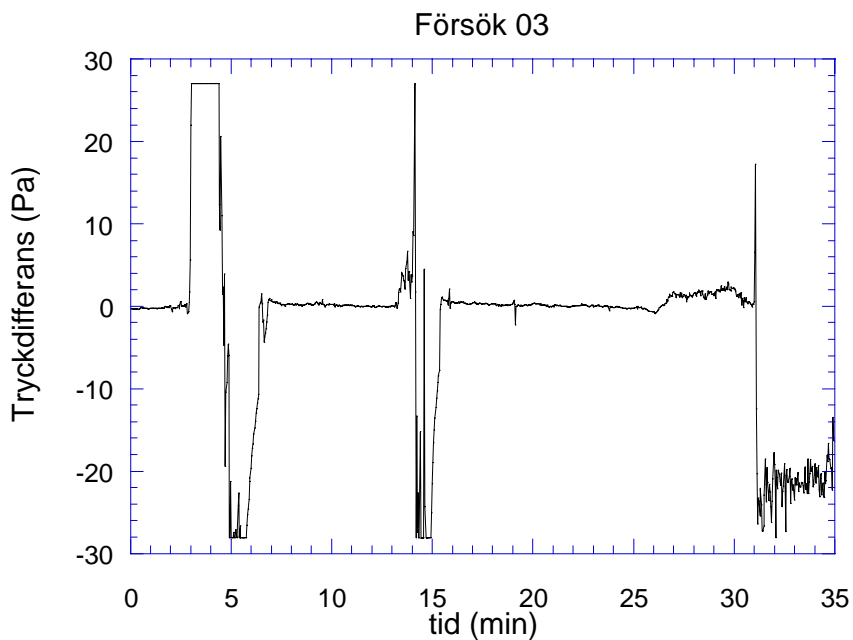
Kommentarer: Strax efter tändning så öppnades balkongdörren oavsiktligt vilket gjorde att trycket inne i brandrummet steg endast till 4,5 Pa. Efter att fönstret gick sönder (ca 5 minuter från tändning) så sjönk trycket i brandrummet till 1 Pa. Precis i det ögonblicket inträffar övertändning och flammor slår ut genom fönstret. En överlagsberäkning visar att övertändningen gav en brandeffekt på ungefär 5-6 MW. Temperaturen 2,2 m från golv inne i brandrummet steg samtidigt från 550 °C till 720 °C. En övertändning brukar inträffa när brandgastemperaturen är omkring 600 °C. Fläkten startades innan dörren till lägenheten öppnas vid 6:50 min:s från tändning. Ändå trycks brandgaser ut till trapphuset och temperaturen där stiger kraftigt (se figur 3). De trycks dock snabbt tillbaka in i lägenheten. Då sjönk temperaturen i trappuppgången ner till 10 °C. Man kan också skönja en vag temperaturökning inne i brandrummet precis innan släckning påbörjas vid tiden 7:33 min:s. Temperaturen inne i brandrummet sjunker mycket snabbt när släckningen påbörjas. I början är övertrycket i trapphuset ungefär 5 Pa med en "peak" på 15 Pa och efter 10 minuter från tändning är trycket nere på 10 Pa. Volymflödet genom dörröppningen har beräknats till ungefär 2 m³/s. Volymflödet är beräknat utifrån tryckdifferensen mellan lägenhet och trapphus. Vi antar att hela tryckförlusten tas i anspråk av de två dörröppningar som luften måste passera innan den kommer till brandrummet.

Försök 02: Ingen mätning genomfördes och därför redovisas inga diagram från det försöket.

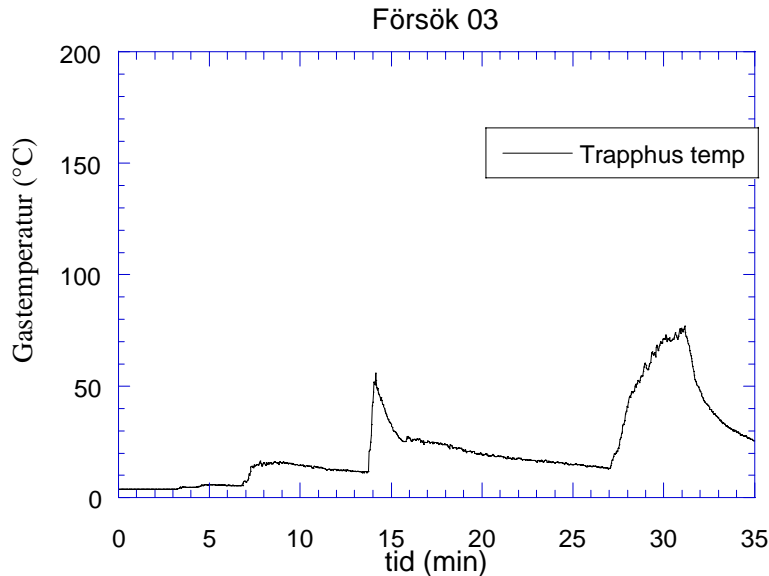
Försök 3: Taktik: Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> fönster brister -> fläkt på -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas



Figur 4 Brandgastemperatur mitt i brandrummet på två olika höjder från golvet.



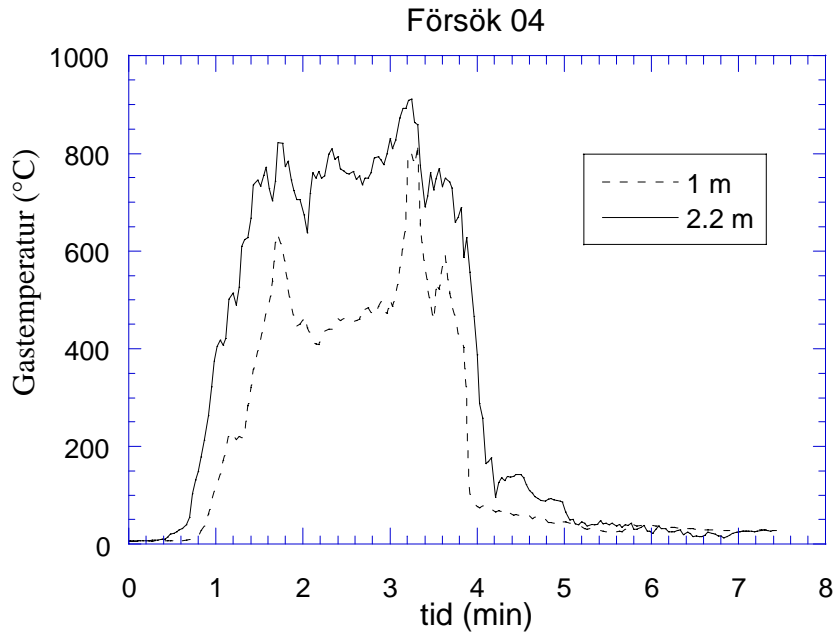
Figur 5 Tryckdifferens mellan brandrum och trapphus. Positiva värden innebär ett övertryck i brandrum och negativa värden innebär övertryck i trapphuset.



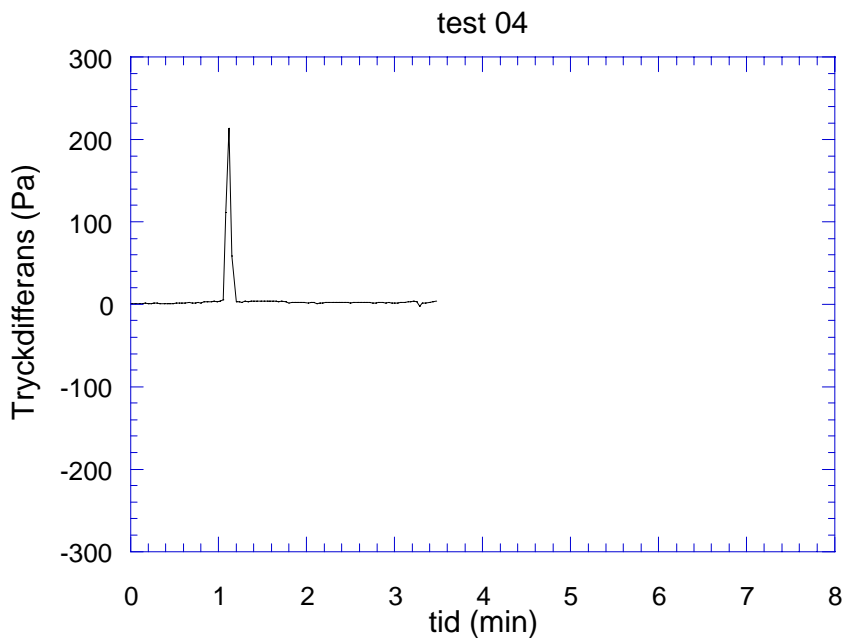
Figur 6 Brandgastemperatur överst i trapphus.

Kommentarer: Försöket genomfördes dagen efter försök 1 och 2. Träpallar och spånskivor fick stå under natten i lägenheten. Vädret hade ändrats från torrt dagen innan till relativt fuktigt och 5-6 °C utetemperatur. Antagligen har träpallarna hunnit fuktas lite jämfört med dagen innan. Samma typ av tändkälla användes nu dvs tidningspapper placerade mellan 2-3 pallar. Efter 3 minuter började temperaturen stiga kraftigt inne i brandrummet. Rök kom ut genom sprickor efter 3:30 min:s och efter 5 minuter uppnåddes en maxtemperatur på 400 °C uppe vid tak. Strax efter det började temperaturen sjunka pga för låg syrehalt i rummet. Samtidigt som temperaturen steg ökade trycket pga termiska expansionen. Trycket i brandrummet blev betydligt högre än i försök 1 där balkongdörren var öppen hela tiden. Trycket gick upp till 50 - 60 Pa innan temperaturen började vända (mätaren bottnade på 30 Pa men man observerade betydligt högre tryck på manometern 50-60 Pa). När temperaturen sjunker då minskar trycket och till slut blir det ett kraftigt undertryck (>30 Pa). Då sugs luft tillbaka till brandrummet. Vid 7 minuter så öppnas dörren till lägenheten och trycket normaliseras. Temperaturen överst i trapphuset stiger pga av varma brandgaser som har smitit ut i trapphuset. Efter 13 minuter görs ett nytt försök för att tända träpallarna. Denna gången stiger temperaturen till 600 °C. Trycket stiger till 26 Pa inne i brandrummet. Anledningen till att trycket blir lägre nu är att dörren antagligen har fått stå öppen lite grann. Temperaturen sjunker igen pga för låg syrehalt och ett kraftigt undertryck (>30 Pa) utvecklas inne i brandrummet. Kraftigt insug av luft genom lägenhetsdörren har antagligen skett under denna period. Branden förmår inte att fortsätta och temperaturen sjunker till 50 °C. Nytt försök efter 26 minuter. Temperaturen stiger och når 600 °C igen. Nu har brandväggar och annat blivit så pass uppvärmda att branden förmår att gå till övertändning. Temperaturen stiger till 750 °C och brandeffekten uppskattas till 5-6 MW. Lägenhetsdörren har antagligen varit öppen hela tiden eftersom brandgastemperaturen i trapphuset stiger under denna period. Ett övertryck i brandrummet på 2 Pa uppmäts under denna period (se figur 6). Fläkten startas vid 31 minut och släckning påbörjas vid 31:30 min:s. Volymflödet genom dörröppningen beräknas till 3 m³/s. Denna siffra är baserad på tryckdifferensen mellan lägenhet och trapphus.

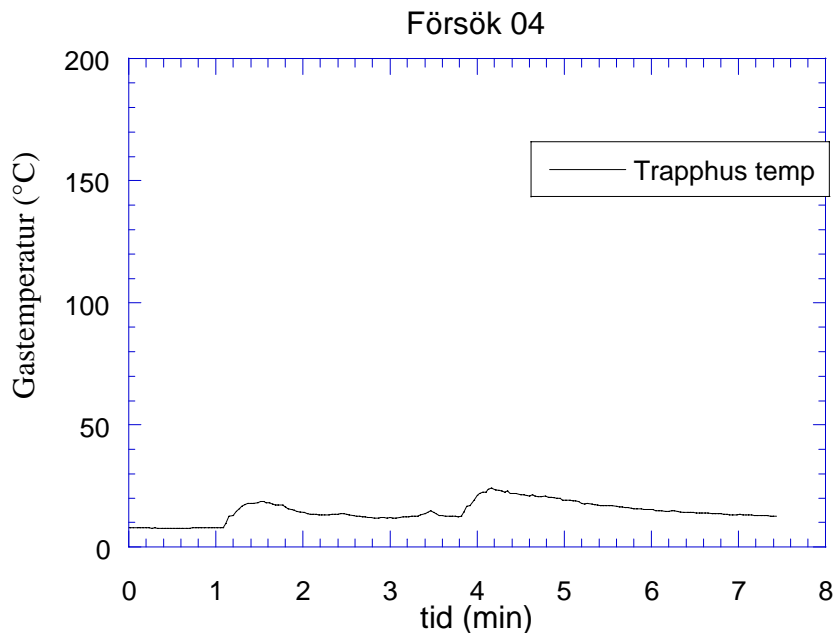
Försök 04: Taktik: Brand till övertändning -> stängd lägenhetsdörr -> lägenhetsdörr öppnas -> släckning påbörjas -> fönster krossas -> fläkt på



Figur 7 Brandgastemperatur mitt i brandrummet på två olika höjder från golvet.



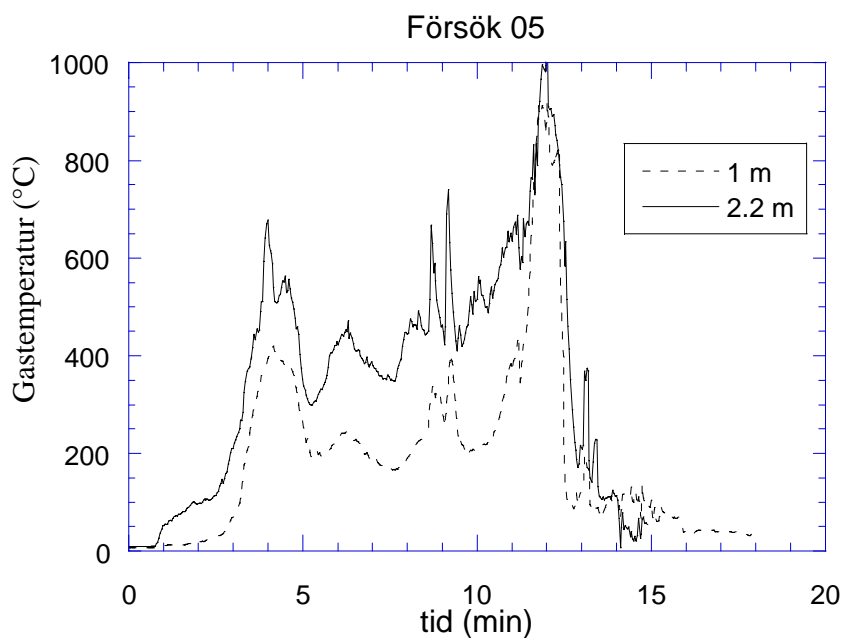
Figur 8 Tryckdifferens mellan brandrum och trapphus. Positiva värden innebär ett övertryck i brandrum och negativa värden innebär övertryck i trapphuset.



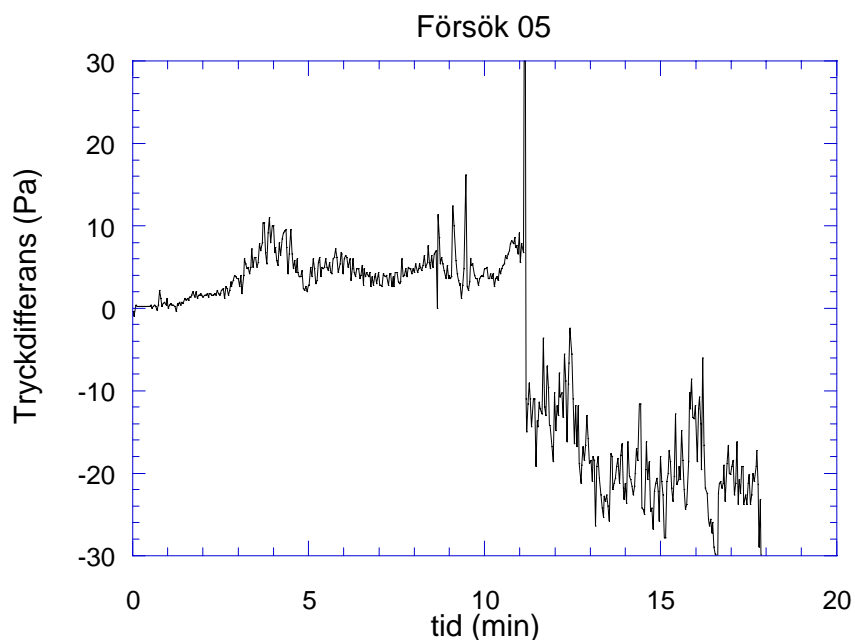
Figur 9 Brandgastemperatur överst i trapphus.

Kommentarer: Brandförloppet var betydligt snabbare än i tidigare försök. Trycket steg väldigt snabbt på grund av den termiska expansionen (se figur 7). Rutan började bukta fram och tillbaka efter 1 min och till slut så sprängdes ruta av övertrycket i små bitar. Trycket i brandrummet uppmättes till 213 Pa när rutan gick sönder efter 1:10 min:s från tändning. Temperaturen i det ögonblicket var ungefär 500 °C och efter 1:30 min:s så var temperaturen uppe i 800 °C och hela brandrummet fyllt med lågor. Efter att rutan gick sönder gick trycket ner till 2-3 Pa i brandrummet. Rökdykarna gjorde släckningsinsatsen innan fläktarna startades. Insatsen gjordes ca 3:50 min:s efter tändning. Temperaturen i brandrummet föll snabbt till 100 °C. Rökdykarna lämnar brandrummet och ger order om ventilerung. Vid 4:04 min:s startades fläkten och röken drevs effektivt ut ur brandrummet. Mottrycket i brandrummet var 2-3 Pa när fläkten startades. Plastslangarna som användes för att mäta brandtrycket brändes sönder efter ca 3,5 min. Därför syns inga resultat i figur 8 efter den tiden.

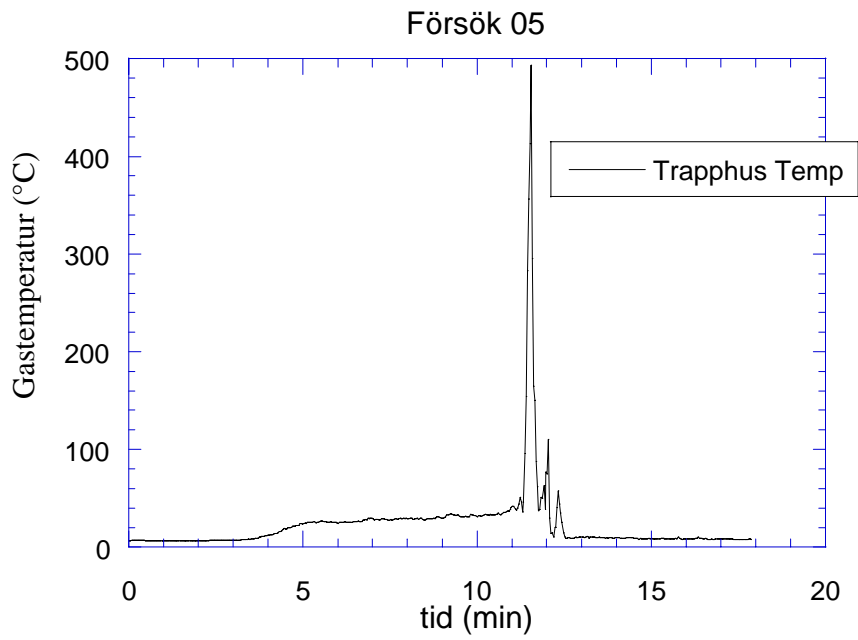
Försök 05: Taktik: Brand till övertändning -> öppen lägenhetsdörr -> rök ut i trapphus -> röklucka öppnas -> fläkt på -> släckning påbörjas



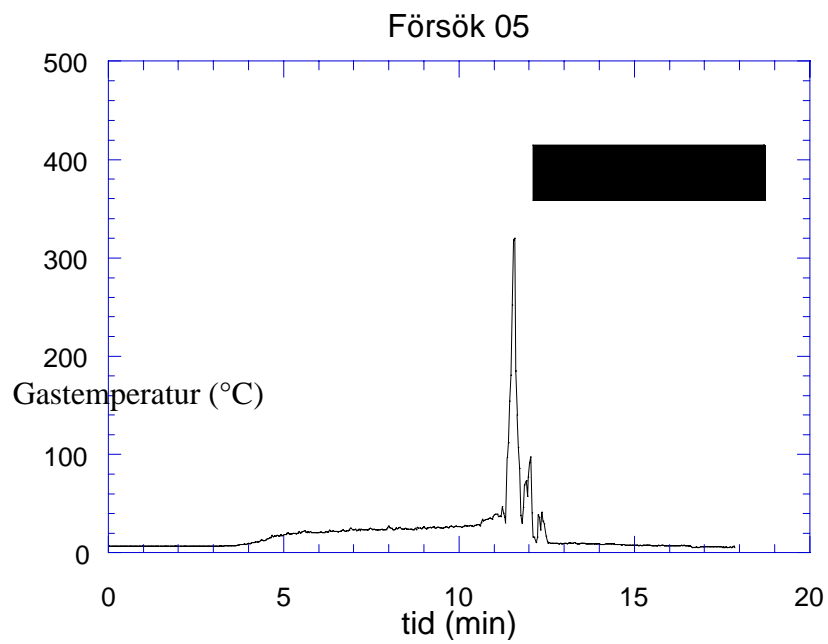
Figur 10 Brandgastemperatur mitt i brandrummet på två olika höjder från golv.



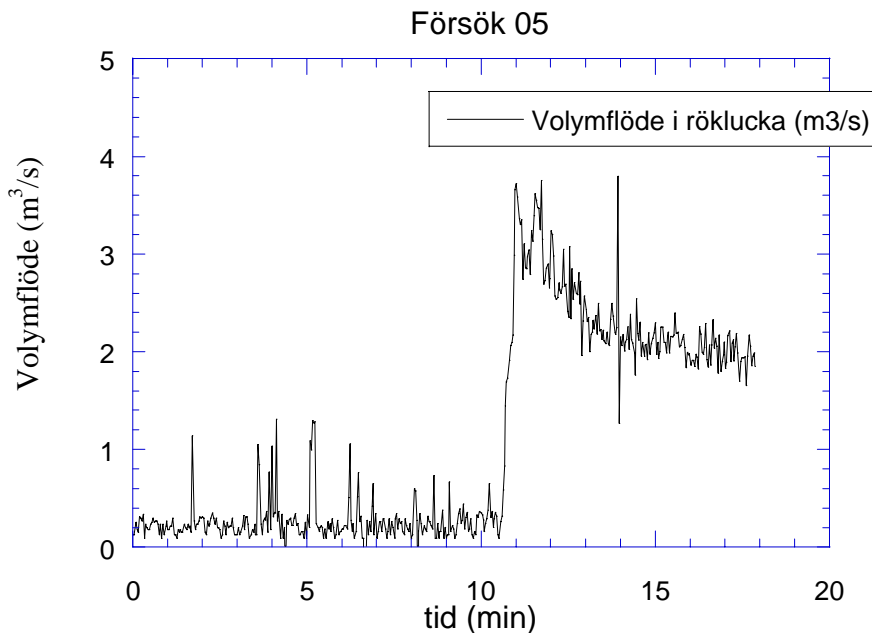
Figur 11 Tryckdifferens mellan brandrum och trapphus. Positiva värden innebär ett övertryck i brandrum och negativa värden innebär övertryck i trapphuset.



Figur 12 Brandgastemperatur överst i trapphus.



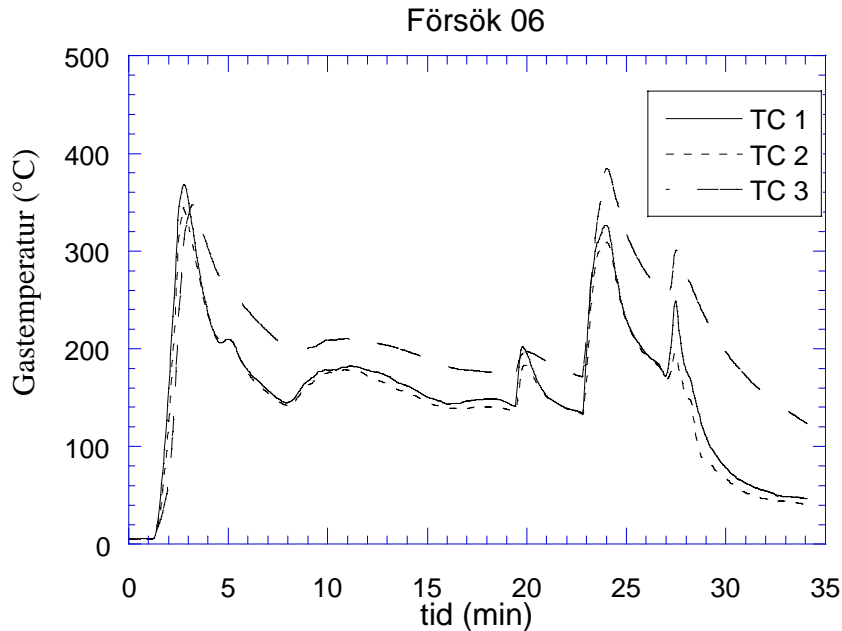
Figur 13 Brandgastemperatur i röklucka i trapphus.



Figur 14 Brandgasflöde i röklucka.

Kommentarer: Dörren till lägenheten var öppen hela tiden. Därmed fick man varma brandgaser ut i trapprummet och temperaturen steg överst i trapphuset (figur 12). Lågor observerades i hela brandrummet efter 4 minuter från tändning. Fönsterrutan, som var delvis sprucken från början, gick dock inte sönder och trycket uppmättes till 9 Pa. Brandgastemperaturen gick upp till 600 °C för att sedan avta till 400 °C under en period på 5 minuter. Efter 10:11 min:s från tändning öppnades rökluckan överst i trapphuset manuellt. Den var helt öppen vid tiden 10:35 min:s. Vid tiden 11:07 min:s startas fläkten i trapphusets dörröppning. Trycket i brandrummet är vid den tidpunkten ungefär 7-8 Pa. När det kalla ventilationsflödet från fläkten kommer upp mot lägenhetsdörren så möts den av utströmmande varma brandgaser. Kalla luften trycks in genom dörren men samtidigt trycker den ut varma brandgaser. Det tar lite stund innan hela dörröppningen är trycksatt (övertryck) och därmed stoppar varma brandgaser att komma ut i trapphuset. Den snabba temperaturhöjning överst i trapphuset (400 - 500 °C) som syns i figur 12 och 13 är på grund av de heta brandgaser som trycktes ut från lägenheten när fläktarna startade. Det blir en liten tidsfördröjning (1/2 minut) innan detta registreras uppe vid rökluckan (figur 12). Övertrycket i trapphuset är endast 12 Pa under den period ingen släckinsats görs (11 - 12 minuter). Under denna period höjs temperaturen från 600 °C till 1000 °C. Fläktarna jobbar emot ett brandtryck på ungefär 10 Pa och därför är ventileringen inte lika effektiv som när brandgaserna har kylts ner. När släckinsatsen startas vid 12 minuter så kyls brandgaserna ner och övertrycket i trapphuset ökar från 12 Pa till 22 Pa. Ventilationsflödet ökar då från 2 m³/s till 3 m³/s. Denna effekt kan observeras genom att titta på volymflödet i rökluckan (figur 14). Under perioden 11 - 12 minuter sänks volymflödet från 3 m³/s till 2 m³/s i rökluckan. Eftersom brandtrycket motverkar fläkten under denna period släpps mindre luft genom lägenheten och mer genom rökluckan. Direkt när brandgaserna har kylts ner under 100 °C på grund av släckningsinsatsen så ökar volymflödet genom lägenheten eftersom mottrycket har sjunkit. Detta försök visar vikten av att kyla ner brandgaserna i brandrummet för att få en effektivare ventilerings.

Försök 06: Taktik: Brand till övertändning -> stängd vindsdörr -> sprängram (ev dimspik) -> fläkt på -> manuell släckning



Figur 15 Brandgastemperaturer 30 cm under tak uppe på förrådsvinden.

Kommentarer: Problem med att få igång branden. Ett antal nya antändningsförsök gjordes. De finns representerade som peakar i temperaturkurvan. Temperaturen låg för det mesta på omkring 200 °C. I sista antändningsförsöket vid 23 minuter gick temperaturen upp till 300 °C men började sjunka igen. Då togs beslutet att använda sprängramen vilken aktiverades vid 27 minuter från tändning. Temperaturen steg då från 180 °C till 250 °C. Släckinsatsen gjordes xxx. Fläkten startades 28:19 min:s och vid tiden 29:16 noterades hög hastighet på brandgaserna genom sprängramshålet på vinden.