

Rolf Jansson
Bengt Onnermark
Lars-Erik Altvall

Brandgas- ventilation av trapphus genom taklucka

FÖRSVARETS FORSKNINGSANSTALT
Huvudavdelning 2

BOX 27322 · 102 54 STOCKHOLM · TELEFON 08-63 15 00

FOAs RAPPORTKATEGORIER

Rapporter avsedda för spridning utanför FOA utges i följande kategorier:

A-rapport. Huvudsakligen för totalförsvaret avsedd och tillrättalagd redovisning av ett, som regel avslutat, vetenskapligt arbete. Förekommer som öppen (A-) och hemlig (AH-) rapport.

B-rapport. (FOA Reprints). För vidare spridning avsedd redovisning av öppet vetenskapligt eller tekniskt-vetenskapligt originalarbete av allmänt intresse. Arbetet publiceras i tidskrift, som distribueras som särtryck under benämningen "FOA Reprints". Förekommer som öppen (B-) rapport.

C-rapport. För spridning inom eller utom FOA. Redovisning av arbete t ex i form av delrapport, preliminärrapport eller metodikrapport. Förekommer som öppen redovisning av vetenskapligt eller tekniskt-vetenskapligt originalarbete av allmänt intresse. Förekommer som öppen (C-) och hemlig (CH-) rapport.

E-rapport. Redovisning av arbete föranlett av främst FOAs civila uppdragsforskning. Förekommer som öppen (E-) och hemlig (EH-) rapport. Uppgift om kategori E eller EH på skriftlig redovisning (rapport) av arbete skall regelmässigt anges i uppdragsavtal.

FOA-RAPPORTS STATUS

Författare svarar för rapportens innehåll, t ex för att angivna resultat är riktiga, för gjorda slutsatser och rekommendationer etc.

FOA svarar – genom att rapporten godkänts för utgivning som FOArapport – för att det redovisade arbetet utförts i överensstämmelse med "vetenskap och praxis" på området i fråga.

I förekommande fall tar FOA ställning till i rapporten gjorda bedömningar etc. Detta anges i så fall i särskild ordning, t ex i missiv.

REGISTRERING

FOA-rapport skall registreras enligt nedanstående exempel:

FOA-rapport

A1 -2345-M6(E4)

ISSN 0000-0000

där

A är rapportkategorin

1 är utgivande havd/Ck (6=Ck)

2345 är löpnr (inom resp kategori och havd/Ck (6=Ck))

M6(E4) är den(de) programdel(-ar) dit rapporten i första (andra) hand kan hänföras

ISSN nr är en internationell numrering av seriella publikationer

Försvarets Forskningsanstalt
Huvudavdelning 2
Box 27322
102 54 Stockholm

FOA rapport
C 20575-D6
Maj 1985
ISSN 0347-3694

1

Brandgasventilation av trapphus genom taklucka

Rolf Jansson, Bengt Onnermark, Lars-Erik Altvall

Antal blad: 52

Uppdragsnummer: D6 42

Sändlista: FortF, Skydds, Cfs (3 ex), STU, KTH, CTH, LTH,
Sv Brandförsvarsfören, Stålbyggn.institutet, Träteknik Cent-
rum, Stat Provn.anstalt (2 ex), Stat Planverk, Brandforsk
(20 ex), FOA 1, FOA 4, FOA 5 (2 ex)
FOA 2: 211, 213, 240 (2 ex), 244 (40 ex), 254, 272

Dokumentets utgivare Försvarets forskningsanstalt Huvudavdelning 2 Box 27322 102 54 STOCKHOLM	Dokumentnamn och dokumentbeteckning FOA rapport C 20575-D6	
	Dokumentets datum Maj 1985	Uppdragsnr. D6 42
	Projektamn (ev förkortat)	
Upphovsman (män) Rolf Jansson Bengt Onnermark Lars-Erik Altvall	Uppdragsgivare Styrelsen för svensk brandforskning	
Dokumentets titel Brandgasventilation av trapphus genom taklucka		
Huvudinnehåll I en experimentell undersökning studerades brandgasventilation av ett fyravånings trapphus. Ventilationen skedde efter 10 minuters brand, genom en lucka i trapphusets tak och genom dess ytterdörr. Vid experimenten (7 st) mättes gastemperatur, sikt och gaskoncentrationer i trapphuset samt förbränningshastigheten i brandrummet. I rapporten redovisas en stor del av mätresultaten och kommenteras ventilationens verkningar på brandmiljön i trapphuset - dels de positiva under de första minuterna, men också de negativa genom inströmningen av frisk luft och därmed ökad förbränningshastighet.		
Nyckelord Brandgaser, Rök, Trapphus		
Anm		
Övriga bibliografiska uppgifter		Språk svenska
ISSN 0347-3694		ISBN
Omfång 52 sidor		Pris
Sekretessuppgifter		

Distributör (om annan än ovan)

Issuing organization National Defence Research Institute Department 2 P O Box 27322 S-102 54 Stockholm	Document name and doc. ref. No. FOA Report C 20575-D6	
	Date of issue May 1985	Item designation
	Project name (abbreviated if necessary)	
Author(s) Rolf Jansson Bengt Onnermark Lars-Erik Altvall	Initiator or sponsoring organization The Swedish Fire Research Board	
Document title Ventilation of fire gases in a stairwell		
Abstract In an experimental investigation the effects of fire gas ventilation of a four-storey stairwell were studied. The ventilation was performed through an opening in the top and a door opening at the bottom of the stairwell, after a fire duration of 10 minutes. In the experiments were measured gas temperature, visibility and fire gas concentrations in the stairwell and the burning rate in the fire room. In the report are given most of the measured results and some comments on the positive and negative effects of the ventilation.		
Key words Fire gases, Smoke, Stairwell		
Notes		
Further bibliographic description		Language Swedish
ISSN 0347-3694		ISBN
Pages 52 p		Price
<input type="checkbox"/> restricted distribution <input type="checkbox"/> unclassified		
Distributor (if not issuing organization)		

Innehållsförteckning

Inledning	5
Undersökningens omfattning	6
Undersökningens utförande	7
Mätresultat	9
Resultatsammanfattning	14
Referenser	20
Figur 2 - 33	21

1. Inledning

Vid lägenhetsbränder i flerbostadshus finns risk för att trapphuset fylls av heta, giftiga brandgaser och sikthindrande rök. Ett sätt att förändra - och ibland förbättra brandmiljön i trapphuset - är genom ventilation. I många hus finns för detta ändamål en lucka i trapphusets tak. Denna metod för brandgasventilation har både för- och nackdelar - och en effektivitet som beror på flera faktorer, bl a luckans storlek, brandens storlek och läge samt övriga öppningar till trapphuset.

Kunskapen om brandmiljön (heta gaser, giftiga gaser, sikt m m) i trapphus och andra delar av byggnader - liksom möjligheterna att beräkna brandmiljön - är ännu liten och oftast otillräcklig. Sedan 70-talet pågår - främst i USA, Japan, Kanada och Storbritannien - en omfattande forskning inom ämnesområdet. För att förbättra kunskapsläget i Sverige, ingår i det gemensamma svenska brandforskningsprogrammet hos BRANDFORSK (Styrelsen för svensk brandforskning) sedan 1979 ett projekt (projektblock) avseende "Spridning av brandgaser och rök i byggnader." Ett grundläggande projekt var den utredningsrapport som utkom 1983 [ref 1] - där kunskapsläget och behovet av olika svenska forskningsinsatser behandlades.

För perioden 82-84 sökte och erhöll FOA 2 ett projekt avseende "spridning av brandgaser och rök i trapphus". Projektets omfattning var en serie experiment i full skala, med brand i direkt anslutning till ett fyravånings trapphus. I undersökningen skulle studeras inverkan på brandmiljön i trapphuset av en ventilation genom trapphusets taklucka och ytterdörr, efter 10 minuters brand.

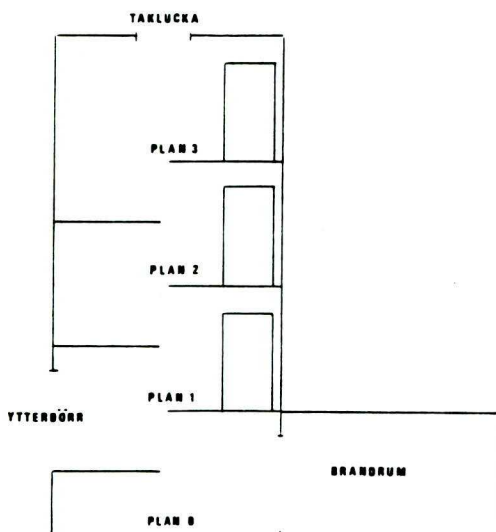
Undersökningen utfördes som en serie experiment, med den begränsade målsättningen att bestämma gastemperatur och sikt på olika höjder i trapphuset - i de speciella fall som valdes för branden och brandventilationen. Dessutom mättes på en plats i trapphuset koncentrationen av brandgaserna O_2 , CO_2 och CO . Det ringa antalet experiment (7 st) tillät endast att några få av experimentbetingelserna varierades. En följd av detta är givetvis att resultaten endast är exempel på brandmiljöer i trapphus - inte underlag för generella slutsatser.

I den följande rapporten redovisas i kapitel 2 undersökningens omfattning och förutsättningar, i kapitel 3 dess utförande och i kapitel 4 dess resultat.

I det avslutande kapitlet 5 ges en sammanfattande beskrivning av och kommentarer till de erhållna resultaten.

2. Undersökningens omfattning

Undersökningen omfattade 7 experiment i en experimentbyggnad som visas schematiskt i vidstående figur 1 och mer detaljerat och måttsatt i figur 2 i slutet av rapporten.



Figur 1

Experimenten avsåg att mäta gastemperatur, röktäthet (sikt) och gaskoncentration på ett antal ställen i trapphuset och brandrummet - under olika betingelser beträffande bränsle, taklucka, trapphusets ytterdörr och brandrummets ventilation.

Valet av studerade brandsituationer - dvs olika kombinationer av brandplats, trapphusventilation etc - valdes i samråd mellan beställaren (BRANDFORSK) och genomföraren (FOA 244) enligt följande. Experimenten skulle avse brand i en lägenhet (ett brandrum) med direkt anslutning till trapphusets bottenplan via en dörröppning (lägenhetens trapphusdörr). Denna dörr tänks ha blivit lämnad öppen i samband med att en person lämnat lägenheten, bl a för att larma brandkåren. Brandkåren antas anlända efter 10 min, varvid trapphusets ytterdörr öppnas och straxt därefter även trapphusets taklucka. De direkt angivna frågeställningarna i anslutning till detta scenario var:

- Vilken brandmiljö råder i trapphuset vid tiden 10 min - innan takluckan och ytterdörren öppnas?
- Hur ändras brandmiljön i trapphuset av att dörren och takluckan öppnas - främst under tiden 10 till 25 min?
- Hur inverkar variationer i fråga om bränsle, ventilationsluckans storlek och direkt ventilation av brandrummet?

Med utgångspunkt från dessa frågor planerades undersökningen omfatta sju experiment enligt nedanstående tabell 1. I serien betraktas exp 1 och 2 som huvudexperiment för att besvara de två första frågorna. Exp 3 - 7 ger i första hand underlag för att besvara den tredje frågan, men också kompletterande underlag till svar på frågorna 1 och 2.

Tabell 1.

Exp nr	Bränsle kg	Ventilation (min)		
		taklucka	trapphusdörr	brandrumsfönster
1	100 trä + 5 plast	stängd	stängd	stängt
2	100 trä + 5 plast	stängd 0-10 öppen 10-60	stängd 0-10 öppen 10-60	stängt
3	100 trä	stängd	stängd	stängt
4	100 trä	stängd 0-10 öppen 10-60	stängd 0-10 öppen 10-60	stängt
5	100 trä + 5 plast	stängd	stängd	öppet 0-60
6	100 trä + 5 plast	stängd 0-10 öppen 10-60	stängd 0-10 öppen 10-60	öppet 0-60
7	100 trä + 5 plast	stängd 0-10 öppen 10-60 0.25 m ²	stängd 0-10 öppen 10-60	stängt

3. Mätningar och experimentbetingelser

I kapitel 2 beskrevs kortfattat experimenthuset och undersökningens omfattning. I detta kapitel beskrivs mer detaljerat bränslet, brandventilationen och mätningarnas utförande.

Bränsle och förbränningshastighet

Undersökningen avsåg att efterlikna en måttligt stor möbelbrand i ett bostadsrum. Som standardbål valdes i fem av de sju experimenten - 100 kg staplat trä plus 5 kg mjuk uretancellplast. För att brinna som möbelstoppning, placerades plasten ovanpå och utanpå trästaplarna. I två av de övriga

experimenten (exp 3 och 4) användes endast staplat trä (100 kg). Träet var 1-m ribbor av gran, av dimensionen 2.5 x 5 cm. Bålen antändes med ca 3 hg träull.

I alla experimenten mättes förbränningshastigheten genom att bålet var placerat på ett vägande golv. Vikten registrerades därvid fortlöpande. Av registreringen beräknades förbränningshastigheten såsom viktnedgången per tidsenhet.

Brandventilation

I alla experimenten ventilerades brandrummet genom dörröppningen (2.1 x 0.8 m) mellan brandrummet och trapphuset. I två experiment (exp 5 och 6) ventilerades brandrummet dessutom genom en smal fönsteröppning (1.3 x 0.2 m). I fyra av experimenten (exp 2, 4, 6 och 7) öppnades takluckan och ytterdörren (2.1 x 0.9 m) till trapphuset efter 10 minuters brand. I exp 2, 4 och 6 var takluckans storlek 1 m² (1 x 1 m). I exp 7 var takluckans storlek 0.25 m² (0.5 x 0.5 m).

Gastemperatur

I alla experimenten mättes gas/lufttemperaturen med termoelement på ett 90-tal platser. Registrering skedde var 10 sek. I brandrummet mättes temperaturen 10 cm under taket i 4 punkter, längs två vertikaler (2 x 5 pkt) samt längs en vertikal i dörröppningen. I trapphuset mättes temperaturen på olika höjder, på ett 50-tal jämnt fördelade platser samt i dörr- och taköppningen. En del av mätpunkternas lägen visas i figur 2.

Sikt - röktäthet

I alla experimenten mättes den optiska röktätheten ($OD\ m^{-1}$) på tre höjder i trapphuset - på våningsplan 1, 2 och 3. Mätningen gjordes med ljustransmissionsmätare, som beskrivs i figur 3. Mätsträckan var horisontell, 1 m lång och belägen 1.3 m över golvet på varje våningsplan. Av uppmätta värden på transmissionen T (%) bestämdes den optiska röktätheten genom sambandet $OD = 10 \log(100/T)$. För bestämningen av sikten S (m) gäller ung. $S = 1/OD$.

Gaskoncentration

För att mäta koncentrationen av brandgaser disponerades endast några få mätare - 2 mätare för syre (O_2), en för koldioxid (CO_2) och en för kolmonoxid (CO). Mätpunkternas placering var följande. Högst upp i trapphuset

- 1.3 m över golvet på plan 3 - placerades intaget för en mätare av varje slag. Den återstående O_2 -mätpunkten placerades i trapphusets botten, 0.1 m över golvet. Från mätarna erhöles kontinuerliga registreringar. Gasernas transporttid från mätstället uppe i trapphuset till mätarna bedömdes vara ca 60 sek, vilket beaktats vid redovisningen av resultaten i kapitel 4.

4. Mätresultat

I detta kapitel redovisas undersökningens mätresultat - i figurform för mätdata och i tabellform för avlästa extremvärden m m. Resultaten omfattar som tidigare angivits förbränningshastigheten F , brandgas/lufttemperaturen T_B i brandrummet och T_T i trapphuset, röktätheten OD (sikten S) i trapphuset samt gaskoncentrationerna O_2 , CO_2 och CO i trapphuset. För T_B och T_T ges endast ett urval av mätdata.

4.1 Förbränningshastighet F

Mätresultat, figurer. Figurerna 4 - 7 visar förbränningshastigheten i de sju experimenten. Varje figur visar parvisa experiment, t ex exp 1 och 2 med lika bränsle - men med och utan ventilation av trapphuset efter 10 min. Figur 7 visar det enstaka exp 7 med ventilation genom liten taklucka. Jämförelseexperiment är i detta fall exp 2 med stor taklucka.

Mätresultat, tabell Ur figurerna 4 - 7 kan avläsas karakteristiska förbränningsvärden. I nedanstående tabell 2 har sammanställts några sådana värden. I alla experiment erhöles mellan 1 och 3 min ett maximum av F . Detta betecknas i tabellen F_{max1} . I de trapphusventilerade experimenten (exp 2, 4, 6, 7) erhöles mellan 10 och 20 min ett andra maximum, som betecknats F_{max2} . För de övriga experimenten (exp 1, 3, 5) har för jämförelse angivits värdet vid 15 min, med beteckningen F_{15} . I tabellen anger VT ventilerat trapphus och VB fönsterventilerat brandrum.

Tabell 2, F kg/min

Exp	Ventilation	$F_{\max 1}$	$F_{\max 2}$	F_{15}
1	-	4.2	-	0.6
2	VT	4.2	9.2	-
3	-	3.0	-	0.1
4	VT	3.1	7.3	-
5	VB	5.4	-	1.7
6	VT, VB	5.7	6.8	-
7	VT	4.3	8.9	-

4.2 Brandrumstemperatur T_B

Mätresultat, figurer Figurerna 8 - 11 visar mätresultaten för medelvärdet T_B på brandgastemperaturen 10 cm under taket i brandrummet. Figurerna visar experimenten parvis - dvs exp 1 - 2, 3 - 4, 5 - 6 och 7 - 2. Figur 12 visar ett typexempel på temperaturfördelningen i höjddled i brandrummet, från exp 2.

Mätresultat, tabell Ur figurerna kan avläsas karakteristiska temperaturer under de olika brandskedena. I tabell 3 har sammanställts följande avlästa extremvärden m m. I alla sju experimenten erhöles efter ett par minuter ett maximum av T_B . Detta har betecknats $T_{B\max 1}$. I de fyra trapphusventilerade experimenten erhöles vid 10 - 12 min ett minimum av T_B , som betecknats $T_{B\min}$. I dessa experiment erhöles också ett andra maximum, som betecknats $T_{B\max 2}$. I tabellen har för jämförelser, för de oventilerade experimenten medtagits temperaturen vid 15 min med beteckningen T_{B15} . I Tabellen anger VT ventilerat trapphus och VB fönsterventilerat brandrum.

Tabell 3, T_B °C

Exp	Ventilation	T_{Bmax1}	T_{Bmin}	T_{Bmax2}	T_{B15}
1	-	518	-	-	214
2	VT	494	69	693	-
3	-	360	-	-	36
4	VT	393	68	684	-
5	VB	428	-	-	335
6	VT, VB	578	467	643	-
7	VT	530	57	683	-

4.3 Trapphustemperatur T_T

Mätresultat, figurer För brandgas/lufttemperaturen i trapphuset insamlades en stor mängd mätdata. Av dessa kunde här av utrymmesskäl endast ges huvudresultaten från varje experiment samt exempel på övriga resultat från enstaka experiment. Urvalet av här givna resultat gjordes enligt följande.

- I figur 13 och 14 ges som typexempel, temperaturförloppen på olika höjder i trapphuset - i ett trapphusventilerat experiment (exp 2) och i ett oventilerat (exp 1).
- I figurerna 15 - 18 ges ett karakteristiskt temperaturförlopp från vart och ett av de sju experimenten. Mätställe var i samtliga fall en mät punkt på våningsplan 1, 1.3 m över golvet.
- I figurerna 19 - 21 ges exempel på mer detaljerade beskrivningar av temperaturen på olika våningsplan. Figur 19 och 20 avser temperaturen på fem olika höjder på våningsplan 2 i exp 1 och 2. Figur 21 avser mät punkter med olika lägen men på lika höjd, från plan 1, 2, 3 i exp 1.
- I figurerna 22 och 23 ges exempel på temperaturen på andra platser av intresse. Figur 22 visar temperaturfördelningen i höjddled i dörröppningen mellan brandrummet och våningsplan 0 i trapphuset. Figur 23 visar temperaturfördelningen i trapphusets öppning till det fria, mitt emellan våningsplan 0 och 1. Båda figurerna avser exp 2.

Mätresultat, tabell Ur figurerna kan avläsas karakteristiska temperaturer på olika våningsplan, under olika skeden av branden. Av speciellt intresse var de maximala temperaturerna under olika skeden - dels det tidiga skedet före ventilationen (0 - 10 min), dels det tidiga ventilationsskedet (10 - 25 min). I nedanstående tabell 4 har sammanställts avlästa maximalvärden i de två skedena, för samtliga sju experiment. För sex av experimenten har värdena delvis tagits från registreringar som inte redovisats i denna rapport.

Tabellens vänstra del avser de maximala temperaturerna på olika höjder i trapphuset (våningsplan 0 - 3) och i brandrummet (B) i perioden 0 - 10 min. På plan 1 - 3 var mätpunkten på höjden 1.3 m över golvet, på plan 0 och i brandrummet 2.3 m. Tabellens högra del avser motsvarande värden i perioden 10 - 25 min. I de trapphusventilerade experimenten (exp 2, 4, 6 och 7) erhöles mellan 14 och 20 min ett maximum, som angivits i tabellen. I de oventilerade experimenten (exp 1, 3 och 5) anges för jämförelser temperaturen vid 15 min. I tabellen har även angetts begynnelsestemperaturen T_0 , vid brandens början.

Tabell 4, T_{\max} (T_{15}) °C

Tid	0 - 10 min					10 - 25 min					T_0
	T_{\max} (exp 1-7)					T_{\max} (exp 2,4,6,7)- T_{15} (exp 1,3,5)					
plan	B	0	1	2	3	B	0	1	2	3	
exp 1	518	303	92	40	35	213	134	58	34	26	10
2	494	305	108	48	37	693	398	121	106	91	15
3	360	276	82	42	30	35	31	23	16	14	9
4	393	275	93	50	39	684	402	111	97	81	15
5	428	333	127	71	57	335	310	143	85	70	11
6	578	331	134	72	58	643	368	104	93	79	6
7	530	323	103	43	31	683	389	158	109	91	5

4.4 Röktäthet - sikt

Mätresultat figurer Figurerna 24 och 25 visar förloppen för röktätheten (OD) på våningsplan 1 - 3, i ett oventilerat experiment (exp 1) och ett trapphusventilerat (exp 2). Som beskrivits i kapitel 3 anges röktätheten med måttet $OD(m^{-1})$. För grova bedömningar kan användas sambandet sikt $S (m) = 1/OD$. Figurerna omfattar tiden 0 - 25 min.

Figurerna 26 - 29 visar mätresultaten från ett våningsplan (plan 2) - från alla sju experimenten under tiden 0 - 60 min. Resultaten ges som tidigare parvis, dvs mestadels ett oventilerat och ett trapphusventilerat experiment. Exp 7 med liten trapphuslucka jämförs med exp 2, stor lucka.

Mätresultat tabell Ur figurerna 26 - 29 och motsvarande resultat från våningsplan 1 och 3 kan avläsas karakteristiska värden för röktätheten OD i olika skeden. I alla experimenten ökade OD kontinuerligt under tiden 0 - 10 min. Värdet vid 10 min betecknas i tabell 5 med OD_{max1} . I experiment 2, 4 och 7 sjönk OD snabbt vid trapphusventilationen (10 min -), men steg därefter ånyo som följd av ökad förbränning genom ventilationen. Minimumvärdet mellan 10 och 15 min kallas i tabellen OD_{min} . I några experiment (exp 2 och 4) ledde uppgången efter minimum till ett andra maximum, här kallat OD_{max2} . I de flesta experimenten (ej exp 1 och 3) var OD åter lågt efter 25 min. Värdet vid denna tid betecknas OD_{25} .

I nedanstående tabell 5 har sammanställts avlästa värden på OD_{max1} , OD_{min} etc, från alla sju experimenten. Värdena avser röktätheten på våningsplan 2 eller plan 1 (exp 5 och 6). I likhet med typexemplen (figur 24 och 25), är i många fall OD på plan 1 och 3 nära lika värdena på plan 2. I tabellen betecknar VT ventilerat trapphus och VB fönsterventilerat brandrum.

Tabell 5 $OD(m^{-1})$

exp	ventilation	OD_{max1}	OD_{min}	OD_{max2}	OD_{25}
1	-	1.43	0.67	>3	1.28
2	VT	1.43	0.06	1.12	0.08
3	-	1.08	-	1.12	0.81
4	VT	0.92	0.04	0.35	0.11
5	VB	0.21 ¹	-	-	0.07 ¹
6	VT, VB	0.70 ¹	-	-	0.02 ¹
7	VT	1.59	-	-	0.05

4.5 Gaskoncentration O_2 , CO_2 , CO

Mätresultat, figurer Figurerna 30 - 33 visar exempel på erhållna resultat avseende koncentrationen av O_2 , CO_2 och CO på två ställen i trapphuset. Som exempel valdes ett oventilerat experiment (exp 1) och ett med ventilation av trapphuset efter 10 min (exp 2). Figurerna 30 och 31 visar koncentrationen av O_2 på två platser - högst upp i trapphuset (plan 3) och nära golvet längst ned (plan 0). Figur 32 visar koncentrationen av CO_2 på en plats - högst upp i trapphuset (plan 3). Figur 33 visar koncentrationen av CO på samma plats som O_2 och CO_2 - högst upp i trapphuset (plan 3).

Mätresultat tabell Ur figurerna 30 - 33 kan avläsas karakteristiska värden under olika skeden av brandförloppen. I de ventilerade experimenten kan förloppen delas in i ett skede före ventilationen (0 - 10 min) och ett skede efter (10 - 60 min). Som karakteristiska värden valdes för perioden 0 - 10 min värdet vid 10 min och för perioden 10 - 60 min värdet vid 25 min. I följande tabell 6 anges gaskoncentrationerna i volymprocent (%). Mät-punkternas lägen betecknas TOP högst upp i trapphuset och BOT längst ned.

Tabell 6 Koncentration O_2 , CO_2 och CO %

tid min	O_2 BOT		O_2 TOP		CO_2 TOP		CO TOP	
	10	25	10	25	10	25	10	25
exp 1	13.5	12.5	16	13.5	10	>15	0.13	0.34
2	14.5	20.5	16	18.5	10.5	1	0.21	0.01
3	15	17	17	16.5	-	-	0.15	0.15
4	14.5	19.5	16	19	5	2.5	0.21	0.02
5	8.	13	9	14.5	>15	>15	0.13	0.17
6	8.5	20.5	9.5	19.5	11	1	0.13	0.02
7	14	20.5	17	18.5	-	-	0.15	0.03

5. Resultatsammanfattning

Undersökningens huvudresultat är den sammanställning av mätresultat som givits i kapitel 4. Därutöver ges här en resultatsammanfattning och några kommentarer till resultaten. På grund av undersökningens begränsade omfattning (7 exp) kan inte dras generella slutsatser ur de erhållna mätresultaten.

Undersökningens målsättning var att översiktligt beskriva brandmiljön i ett givet trapphus, under några olika brand- och ventilationsbetingelser. Sådana beskrivningar för olika skeden av branden ges i följande avsnitt 5.1, 5.2 och 5.3. I övrigt ingick att studera variationer av ventilationsluckans storlek, brandrummets ventilation och bränslet. Resultaten av dessa undersökningar kommenteras i avsnitten 5.4, 5.5 och 5.6. Syftet med undersökningar av brandmiljön i trapphus, bostäder m m gäller mestadels ytterst att bestämma brandmiljöns farlighet för människor. Detta oaktat beskrivs inte brandmiljön i denna undersökning i termer av farlighet för människa. Skälen till detta är följande. För att bestämma farligheten för människan, behövs förutom kunskap om brandmiljön, även kunskap om människans skadekänslighet för de olika komponenterna i brandmiljön. Eftersom kunskapen om skadekänsligheten är mycket ojämn och bitvis saknas - valdes i denna undersökning att stanna vid beskrivningen av brandmiljön i fysikaliska termer.

5.1 Oventilerat trapphus, 0 - 10 min

Beskrivningen av brandmiljön görs här med utgångspunkt från experiment 1 och 2. I dessa experiment erhöles från starten en snabbt tilltagande förbränningshastighet F , men också på grund av brandhusets täthet en snabbt avtagande O_2 -koncentration i både brandrum och trapphus. Sammantaget resulterade detta i ett maximum av $F = 4 \text{ kg/min}$ efter ca 3 min. Efter maximum erhöles avtagande F , mot nära noll vid 10 min.

Brandmiljön i trapphuset förändrades snabbt och i takt med F . Detta gällde samtliga brandmiljökomponenter - brandgas/lufttemperatur, sikt/röktäthet och gaskoncentration. Några data för komponenterna med avrundade medelvärden ges nedan:

- Nära samtidigt med F nåddes maximum för brandrumstemperaturen $T_B = 500^\circ\text{C}$. Vid 10 min hade T_B sjunkit till 100°C . I vertikal led erhöles stora skillnader, bl a 100°C nära golvet mot 500°C nära taket vid tiden för maximum.
- På olika höjder i trapphuset erhöles följande maximala temperaturer T_K ($K = \text{våningsplan}$): $T_0 = 300$, $T_1 = 100$, $T_2 = 45$ och $T_3 = 35^\circ\text{C}$.
- Under perioden erhöles ökande värden på röktätheten OD , dvs avtagande värden på sikten S . I fortsättningen av detta kapitel beskrivs röken

endast med måttet S ($S \approx 1/OD$). På olika våningsplan var sikten nära lika. På plan 2 mättes vid minimum (10 min) $S_2 = 0.7$ m.

- Den enda kompletta mätpunkten för koncentrationen av brandgaserna var högst upp i trapphuset. Typiska värden i slutet av perioden 0 - 10 min var följande: $O_2 = 16$, $CO_2 = 10$ och $CO = 0.16\%$.

5.2 Ventilerat trapphus, 10 - 25 min

Beskrivningen av brandmiljön görs här med utgångspunkt från exp 2 och kompletterande jämförelser med exp 4. I experimenten ventilerades trapphuset från 10 min till observationstidens slut. Ventilationen skedde genom en lucka (1 m^2) i trapphusets tak samt genom trapphusets ytterdörr, nära dess botten (plan 0.5). För brandförloppet medförde ventilationen en kraftig syretillförsel och därmed en ökad förbränningshastighet F . Efter 5 minuters ventilation nåddes härigenom ett nytt maximum av F - och i takt med förbränningen en kraftig utströmning av heta brandgaser till trapphuset.

För brandmiljön i trapphuset medförde ventilationen inledningsvis - under några minuter - en avsevärd förbättring (lägre gastemperatur, bättre sikt etc). I takt med den ökade förbränningen och gasutströmningen till trapphuset följde därefter en ny försämring av brandmiljön (högre gastemperatur, kortare sikt etc). Några data för brandförloppet och brandmiljön var följande:

- Vid ca 15 min erhöles ett andra maximum av $F = 9$ kg/min. Den maximala brandrumstemperaturen blev högre än tidigare ca 700°C .
- På olika höjder (k) i trapphuset nåddes följande maximala temperaturer T_k : $T_0 = 400$, $T_1 = 115$, $T_2 = 100$ och $T_3 = 85^\circ\text{C}$.
- I perioden nåddes god sikt efter några minuters ventilation (S_{12}). I takt med den ökade förbränningen försämrades därefter sikten med ett minimum vid ca 15 min (S_{15}). I det senare brandskedet förbättrades åter sikten och var vid 25 min (S_{25}). De erhållna värdena var följande: $S_{12} = 10$, $S_{15} = 1$ och $S_{25} = 10$ m.
- Jämfört med utgångsläget (10 min) gav ventilationen en avsevärd förbättring av gasmiljön. Sålunda erhöles i den utströmmande gasen högst upp i

trapphuset följande värden vid 25 min: $O_2 = 19$, $CO_2 = 2$ och $CO = 0.015\%$.

5.3 Oventilerat trapphus 10 - 60 min

I några av experimenten (exp 1 och 3) fick branden fortsätta efter 10 min, utan ventilation av trapphuset. Härmed avsågs att skaffa underlag för bedömningar avseende andra tider för ventilationen m m. Resultaten är här av underordnat intresse - men några resultat från exp 1 kan noteras:

- Förbränningen fortgick i perioden med oförändrat låg intensitet (glöd-förbränning) och därmed låga brandrumstemperaturer.
- På olika höjder (k) i trapphuset observerades följande temperaturer T_k vid 25 min: $T_0 = 84$, $T_1 = 45$, $T_2 = 28$ och $T_3 = 23^{\circ}C$.
- Under perioden 10 - 25 min varierade sikten omkring 1 m, med ett maximum ca 1.5 m vid 20 min. Från 20 min erhöles snabbt avtagande sikt, med < 0.5 m vid 30 min.
- Vid 25 min erhöles följande värden på brandgaskoncentrationen högst upp i trapphuset: $O_2 = 10\%$ och $CO = 0.25\%$.

5.4 Inverkan av takluckans storlek

I experimentserien ingick två experiment med lika förutsättningar, fränsett storleken på ventilationsluckan i trapphusets tak. De två experimenten var exp 2 med den "normala" takluckan 1 m^2 (1×1 m) och exp 7 med liten lucka 0.25 m^2 (0.5×0.5 m). Avsikten med variationen var som tidigare angetts att se på vilket sätt och hur mycket brandmiljön i trapphuset ändrades genom en avsevärd minskning av takluckans storlek. Följande resultat observerades.

I båda experimenten steg förbränningshastigheten F efter ventilationens början (10 min -) till ca 9 kg/min. Detta maximum inträffade i båda fallen vid 14 min. Även fortsättningen av förbränningen - liksom temperaturförloppen i brandrummet - blev i de två fallen nära lika.

För brandmiljön i trapphuset kunde noteras nära likhet mellan de två fallen - beträffande två av brandmiljökomponenterna: brandgastemperaturen och gaskoncentrationen. De enstaka skillnader som kan utläsas av kurvor och tabeller bedöms helt kunna förklaras av tillfälliga variationer etc.

För den tredje komponenten "sikten" noterades avsevärda skillnader. Med stor lucka erhöjls vid ventilationens början en stor förbättring av sikten (> 10 m) på alla höjder i trapphuset, därefter en försämring och slutligen en förbättring till sikt > 3 m efter ca 5 minuters ventilation. Med liten lucka erhöjls endast en mindre förbättring vid ventilationens början och därefter en långsammare förbättring till S > 3 m efter 15 minuters ventilation. En typisk skillnad mellan de två fallen var en förhållandevis dålig sikt högst upp i trapphuset i fallet med liten lucka.

Sammanfattningsvis kan noteras att takluckans storlek var av betydelse endast beträffande sikten - och därvid främst i trapphusets översta del. För att uppnå sikt > 3 m i hela trapphuset, behövdes med stor taklucka ca 5 min och med liten lucka ca 15 minuters ventilation.

5.5 Inverkan av brandrumsventilation

I fem av de sju experimenten ventilerades brandrummet endast genom dörröppningen till trapphuset. För att få någon uppfattning om inverkan av ytterligare ventilation av brandrummet - ventilerades detta i två av experimenten (exp 5 och 6) dessutom genom en liten fönsteröppning (1.3x0.2 m). Osäkerheten om inverkan av en sådan extra ventilation gällde dels inverkan på förbränningen, men i ännu högre grad inverkan på brandmiljön i trapphuset, dvs beträffande brandgas- och luftströmningen mellan brandrum och trapphus i olika skeden före och under trapphusventilationen. Genom jämförelse av resultaten från exp 1 och 2 gentemot exp 5 och 6, noterades bl a följande skillnader och likheter mellan de olika brandventilationsfallen.

- Skillnaderna i förbränningsförlopp och därmed brandrumstemperatur blev avsevärda, genom den kontinuerligt höga förbränningen i exp 5 och 6 i perioden 0 - 10 min. Däremot erhöjls måttliga skillnader i fråga om de maximala brandrumstemperaturerna - 520°C (exp 1) mot 430 (exp 5) och 690 (exp 2) mot 640 (exp 6).
- Skillnaderna mellan temperaturförloppen i trapphuset blev stora, både i det tidiga skedet och vid trapphusventilationen. Speciellt kunde i exp 2 noteras en kraftig uppgång av temperaturen efter 10 min mot en närmast konstant nedgång i exp 6.

- Karakteristiskt för inverkan på sikten i trapphuset var en avsevärt bättre sikt i experimenten med extra brandrumsventilation - exp 5 och 6. Storleksordningen var i olika fall mellan $x 2$ och $x 20$.
- Från den enstaka gasmätpunkten högst upp i trapphuset erhöles följande värden vid de olika ventilationsbetingelserna - exp 1 (ovent.) exp 2 (trapphusvent.), exp 5 (brandrumsvent.) och exp 6 (trapphus- och brandrumsvent.).
 - . O_2 0 - 10 min: min 9% (exp 5, 6) mot min 16% (exp 1, 2)
 - . O_2 25 min: 14% (exp 1, 5) mot 19% (exp 2, 6)
 - . CO_2 0 - 10 min: max >10% i alla exp
 - . CO_2 25 min: >15% (exp 1, 5) mot ca 1% (exp 2, 6)
 - . CO 0 - 10 min: 0.1 - 0.2% i alla exp
 - . CO 25 min: 0.2 - 0.3 (exp 1, 5) mot 0.01 - 0.02% (exp 2, 6)

5.6 Inverkan av bränsletyp

I experimentserien användes som "standardbränsle" 100 kg trä plus 5 kg plast. På grund av undersökningens begränsade omfattning, fanns små möjligheter att variera bränslets mängd och art. I serien utfördes endast en variation av bränslet. Variationen var att i två av experimenten (exp 3 och 4) använda endast trä (100 kg). Avsikten var att få en uppfattning, dels om plastens inverkan på det tidiga brandförloppet och dels om plastens rökälstrande förmåga jämfört med bara trä.

Genom att jämföra resultaten från exp 1 och 2 (trä plus plast) med resultaten från exp 3 och 4 (trä), kunde följande skillnader noteras i fråga om brandförlopp och brandmiljö i trapphuset. Eftersom plasten förbrändes förhållandevis snabbt begränsas jämförelsen till den oventilerade perioden 0 - 10 min.

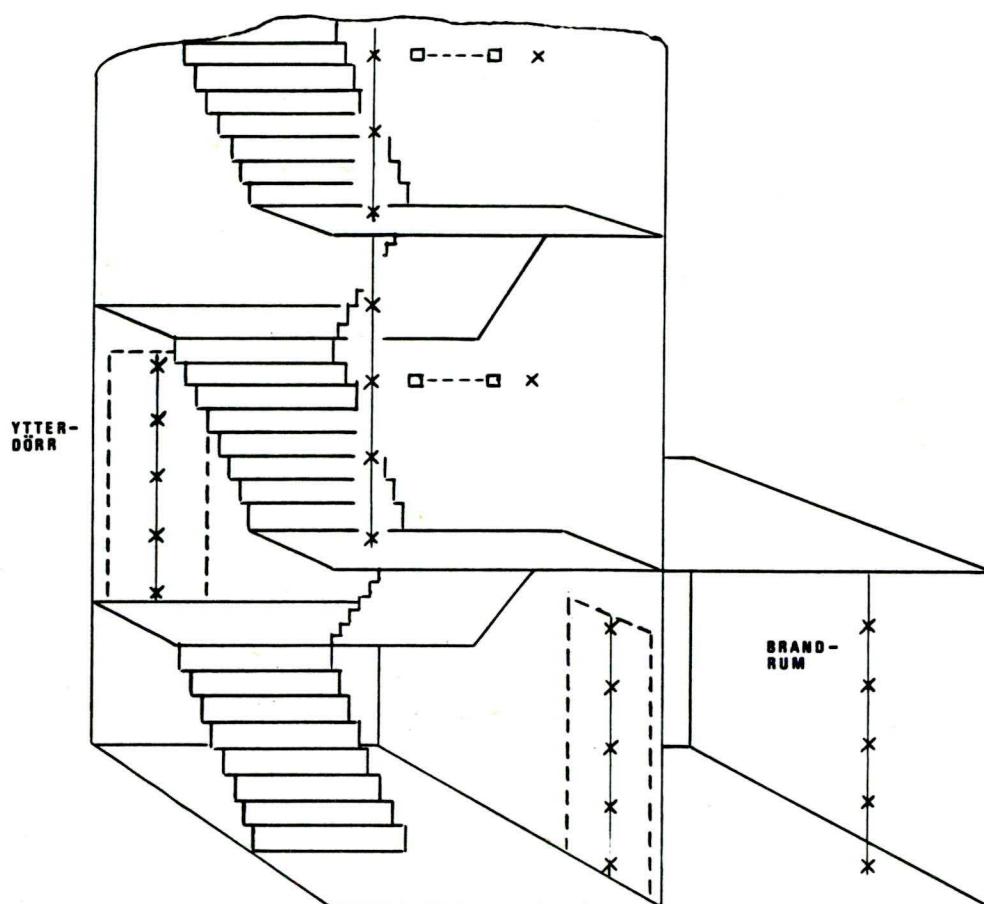
- I exp 1, 2 erhöles $F_{max} = 4$ kg/min mot 3 kg/min i exp 3, 4.
- I exp 1, 2 erhöles den maximala brandrumstemperaturen $500^{\circ}C$ mot $390^{\circ}C$ i exp 3, 4.
- I trapphuset kunde inga tydliga skillnader utläsas för gastemperaturen eller gaskoncentrationen.

- Skillnaden i fråga om sikt i trapphuset blev små men tydliga, t ex $S_{\min} = 0.7$ m i exp 1, 2 mot 1.0 m i exp 3, 4.

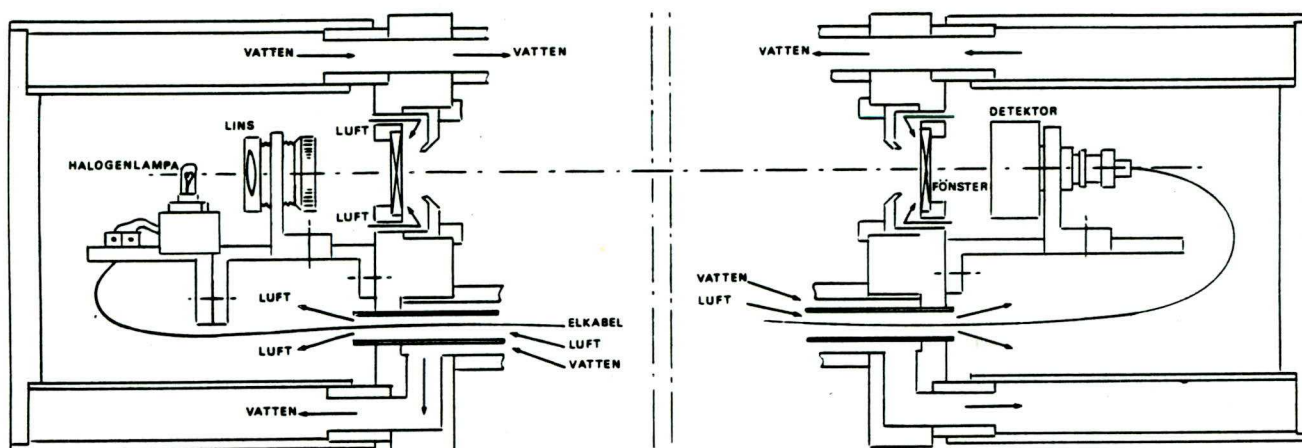
Referens

S E Magnusson

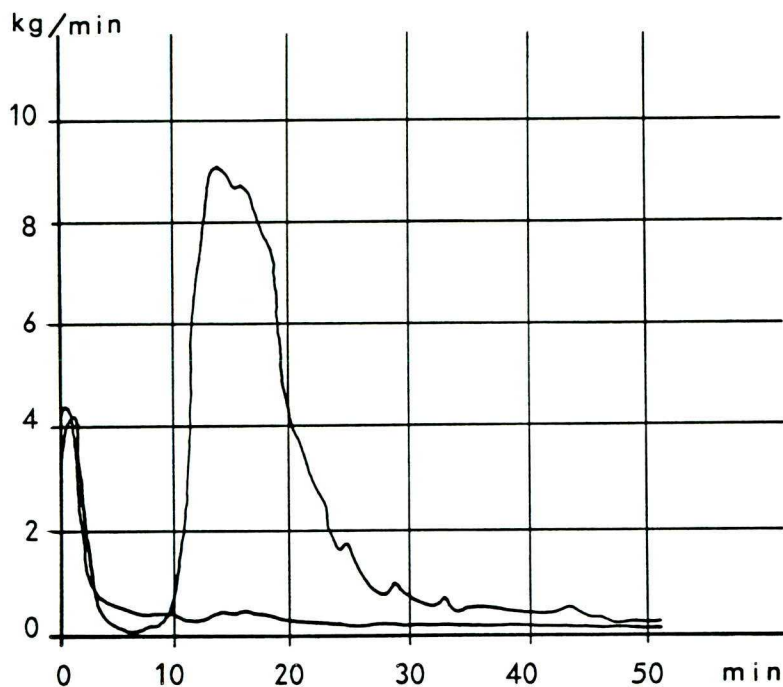
Rökspridning i byggnad: Kunskapsöversikt
och forskningsbehov. LTH, Lund 1983.



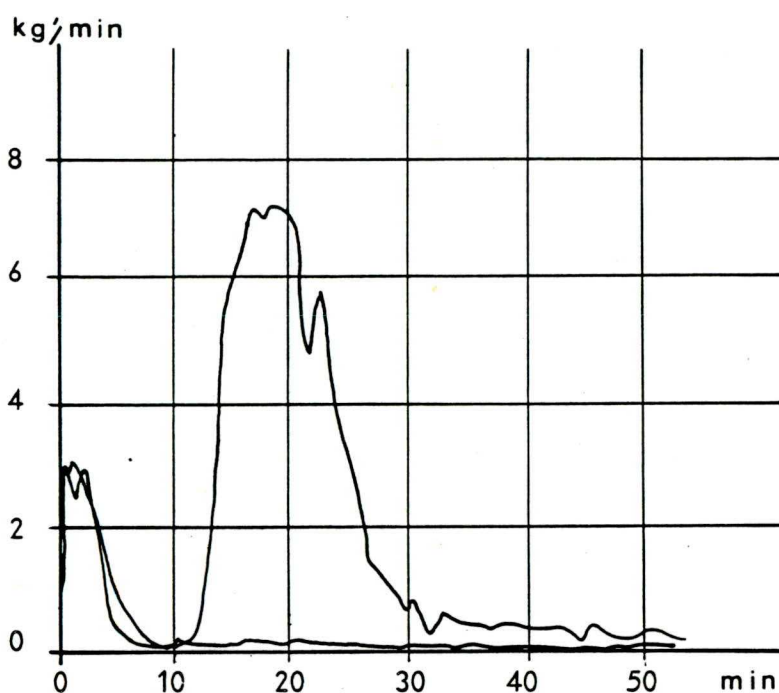
Figur 2. Figuren visar nedre delen av trapphuset (våningsplan 0, 1 och del av 2), brandrummet, de två dörröppningarna samt en del av mätpunkterna för gastemperatur (kryss) och sikt (kvadrat). Några mått för lokalerna var följande: brandrum (2.8 x 4.2 x höjd 2.6) och trapphus (2.5 x 4.2 x våningshöjd 2.6). Måtten för dörröppningarna var: ytterdörr - plan 0.5 (2.1 x 0.9 m) och brandrumsdörr - plan 0 (2.1 x 0.8). Trapphusets totala höjd - från botten av plan 0 till taket på plan 3 var 11.2 m. Mätpunkternas lägen anges i respektive figurer för mätresultaten.



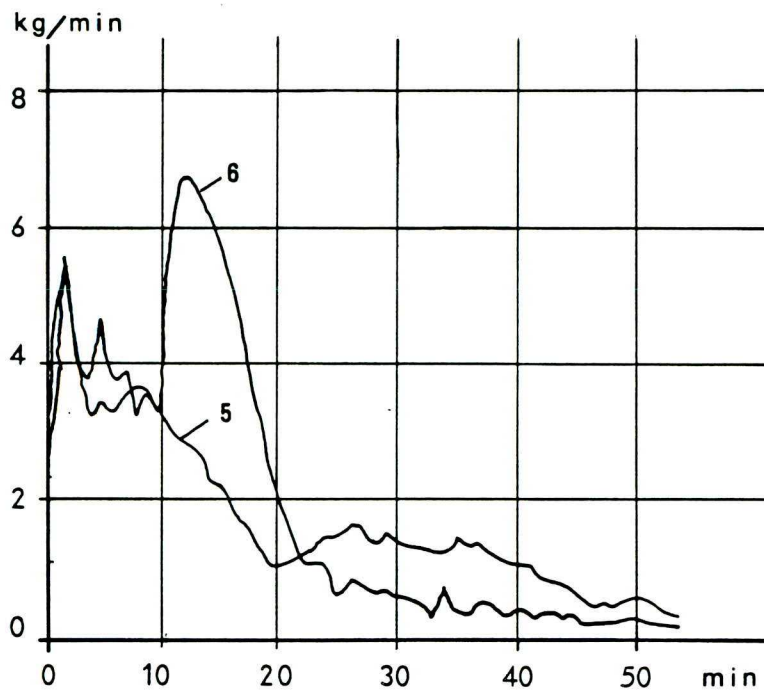
Figur 3. Figuren visar ljustransmissionsmätaren för mätningen av röktäthet (OD)/sikt (S). Till höger visas detektordelen och till vänster ljuskällan. I experimenten användes avståndet 1.0 m mellan ljuskällan och detektorn. För att värmeskydda detektorn och ljuskällan var mätarhusen vattenkylda. För att skydda fönstren mot sotbeläggning hölls övertryck i mätarhusen, varigenom frisk luft strömmade ut förbi fönstren. Vid mätningen bestämdes ljustransmissionen T (%) över mätsträckan, varav bestämdes $OD = 10 \log(100/T)$. För sikten gäller ung. $S = 1/OD$. Detektorns spektrala ljuskänslighet överensstämde nära med ögats.



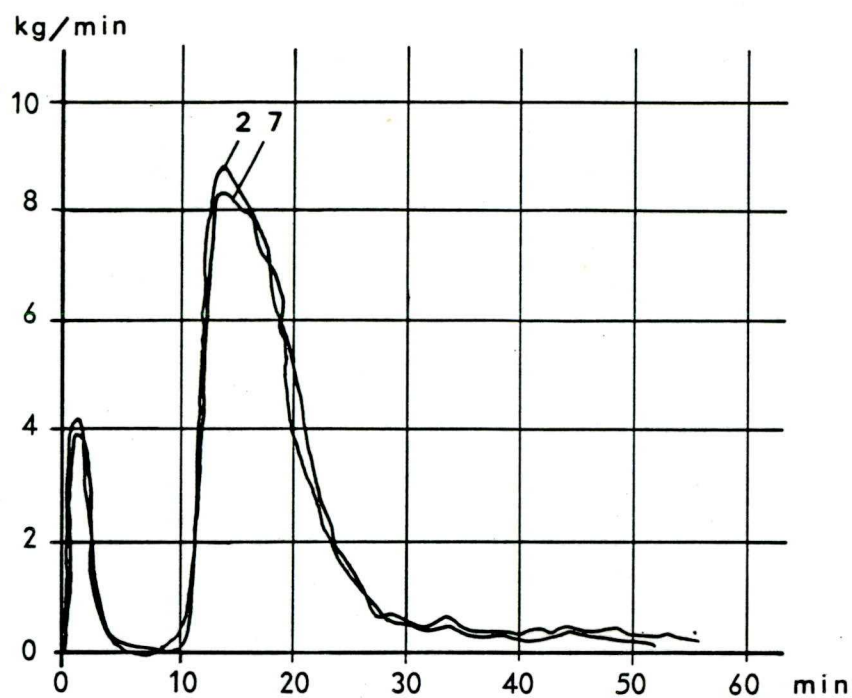
Figur 4. Figuren visar variationen av förbrännings-
hastigheten F (kg/min) med tiden (min) i exp 1 och
2. F mättes som bränslets viktförlust per tidsenhet.
Bränslet var i båda experimenten 100 kg trä plus
5 kg plast. Fram till 10 min var brandbetingelserna
lika i de två experimenten. I exp 2 påbörjades vid
10 min ventilation av trapphuset genom taklucka och
ytterdörr, vilket resulterade i uppgången av F till
9.2 kg/min.



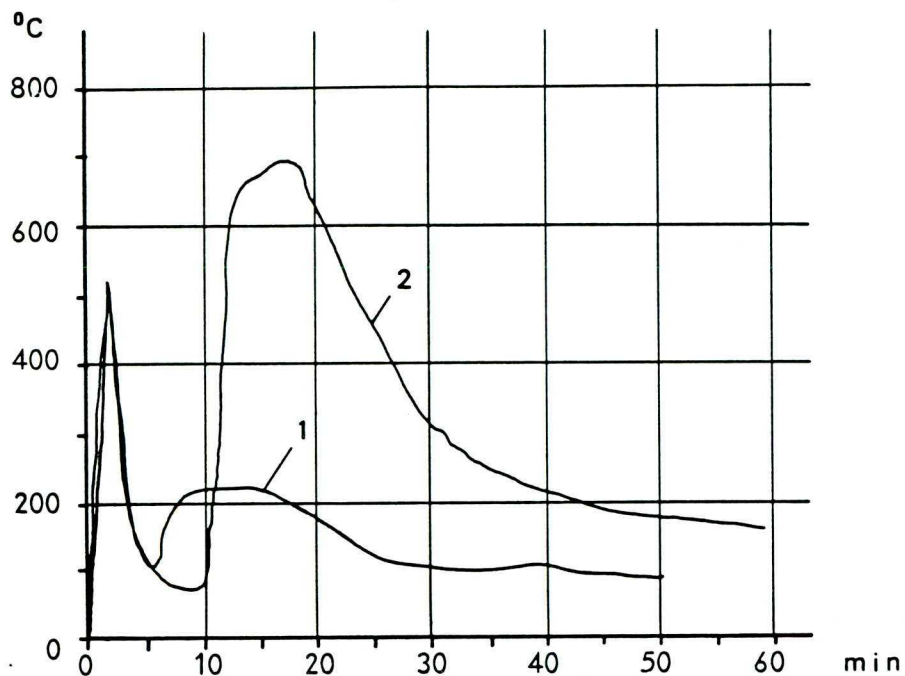
Figur 5. Figuren visar variationen av förbrännings-
hastigheten F (kg/min) med tiden (min) i exp 3 och
4. F mättes som bränslets viktförlust per tidsenhet.
Bränslet var i båda experimenten 100 kg trä. Fram
till 10 min var brandbetingelserna lika i de två
experimenten. I exp 4 påbörjades vid 10 min ventila-
tionen av trapphuset genom taklucka och ytterdörr,
vilket resulterade i uppgången av F till 7.3 kg/min.



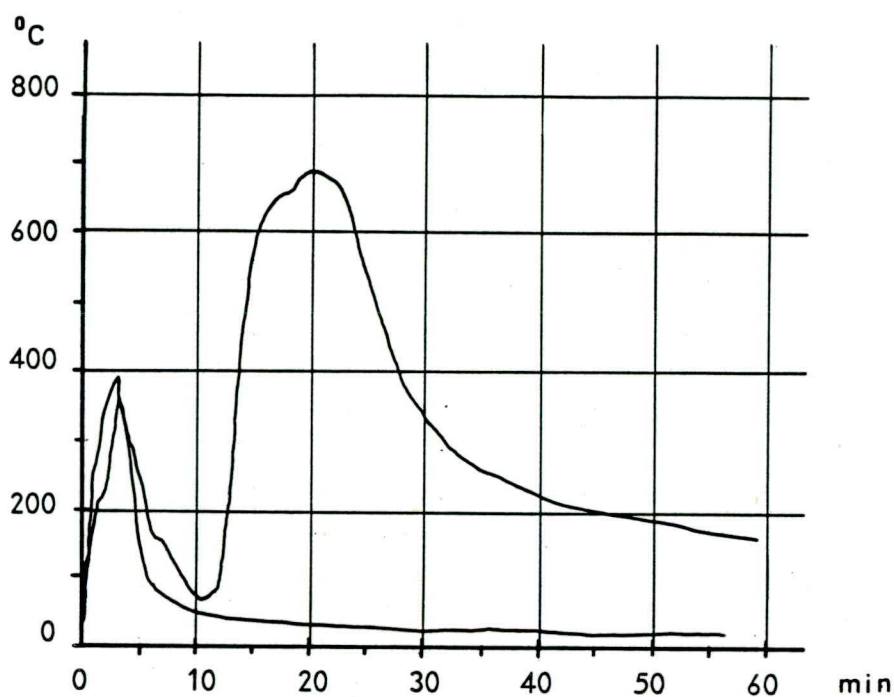
Figur 6. Figuren visar variationen av förbrännings-hastigheten F (kg/min) med tiden (min) i exp 5 och 6. F mättes som bränslets viktförlust per tidsenhet. Bränslet var i båda experimenten 100 kg trä plus 5 kg plast. I båda experimenten var brandrummet extra ventilerat genom en smal fönsteröppning (1.3 x 0.2 m) från tiden 0 min. Fram till tiden 10 min var brandbetingelserna lika i de två experimenten. I exp 6 påbörjades vid 10 min ventilationen av trapphuset genom taklucka och ytterdörr, vilket resulterade i uppgången av F till 6.8 kg/min.



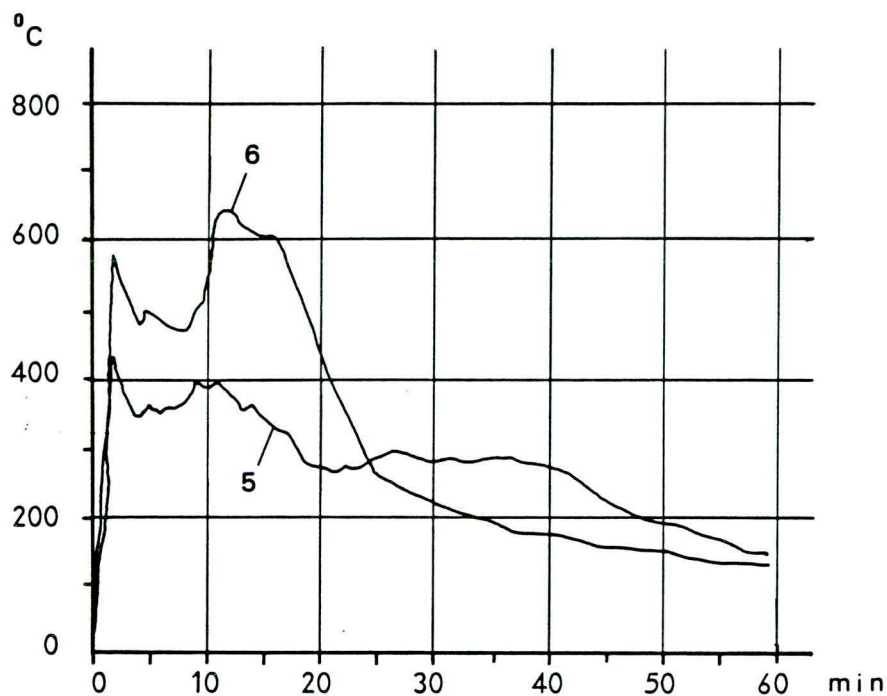
Figur 7. Figuren visar variationen av förbrännings-
hastigheten F (kg/min) med tiden (min) i exp 7 och
2. F mättes som bränslets viktförlust per tidsenhet.
Bränslet var i båda experimenten 100 kg trä plus
5 kg plast. I exp 7 var takluckan i trapphuset 0.25 m^2
och i exp 2 normalt stor 1.0 m^2 . Fram till 10 min
var trapphuset oventilerat och därefter ventilerat
genom taklucka och ytterdörr.



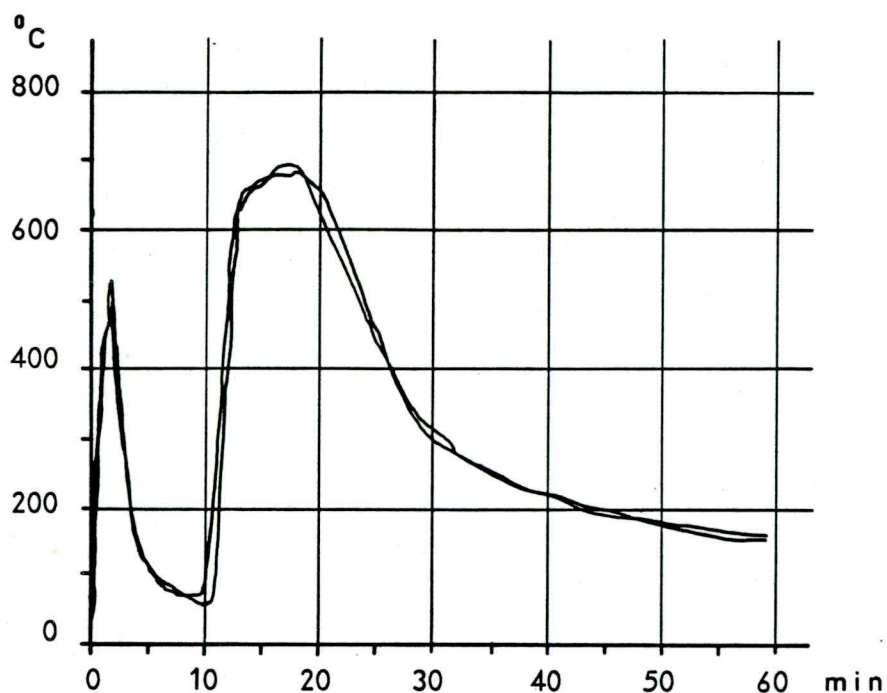
Figur 8. Figuren visar brandrumstemperaturen T_B °C i exp 1 och 2. T_B är medelvärdet för brandgastemperaturen från fyra mätpunkter 10 cm under taket. Fram till 10 min var brandbetingelserna lika i de två experimenten. Vid 10 min påbörjades ventilationen av trapphuset genom taklucka och ytterdörr i exp 2, vilket resulterade i en kraftig temperaturuppgång till 690 °C.



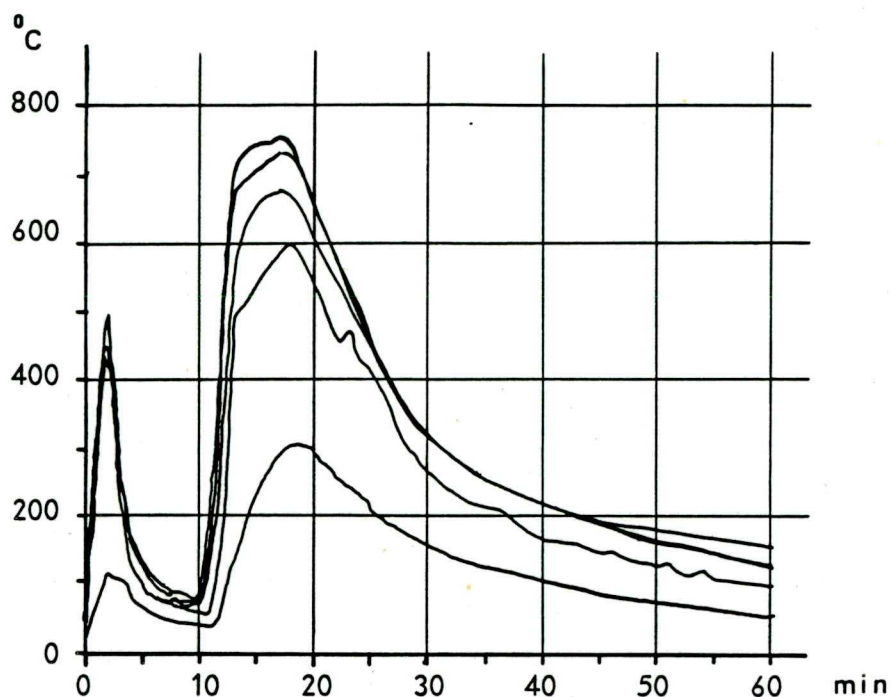
Figur 9. Figuren visar brandrumstemperaturen T_B °C i exp 3 och 4. T_B är medelvärdet för brandgastemperaturen från fyra mätpunkter 10 cm under taket. Fram till 10 min var brandbetingelserna lika i de två experimenten. Vid 10 min påbörjades ventilationen av trapphuset genom taklucka och ytterdörr i exp 4, vilket resulterade i en kraftig temperaturuppgång till 680 °C.



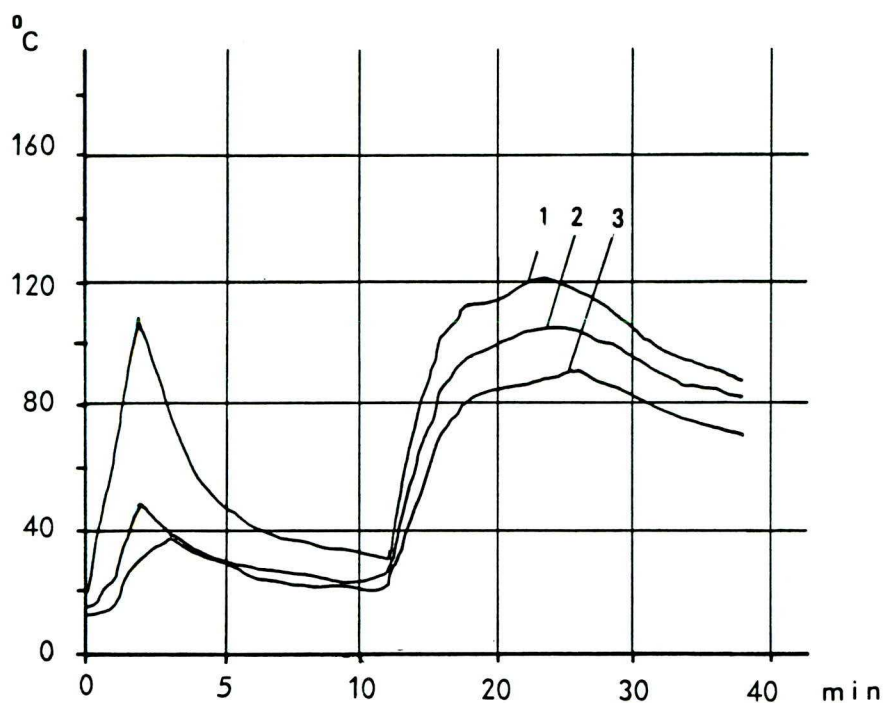
Figur 10. Figuren visar brandrumstemperaturen T_B °C i exp 5 och 6. T_B är medelvärdet för brandgastemperaturen från fyra mätpunkter 10 cm under taket. Fram till 10 min var brandbetingelserna lika i de två experimenten. I dessa två experiment var brandrummet extra ventilerat genom en smal fönsteröppning. Vid 10 min påbörjades ventilationen av trapphuset genom taklucka och ytterdörr i exp 6, vilket resulterade i en ca hundrigradig temperaturhöjning till 640 °C.



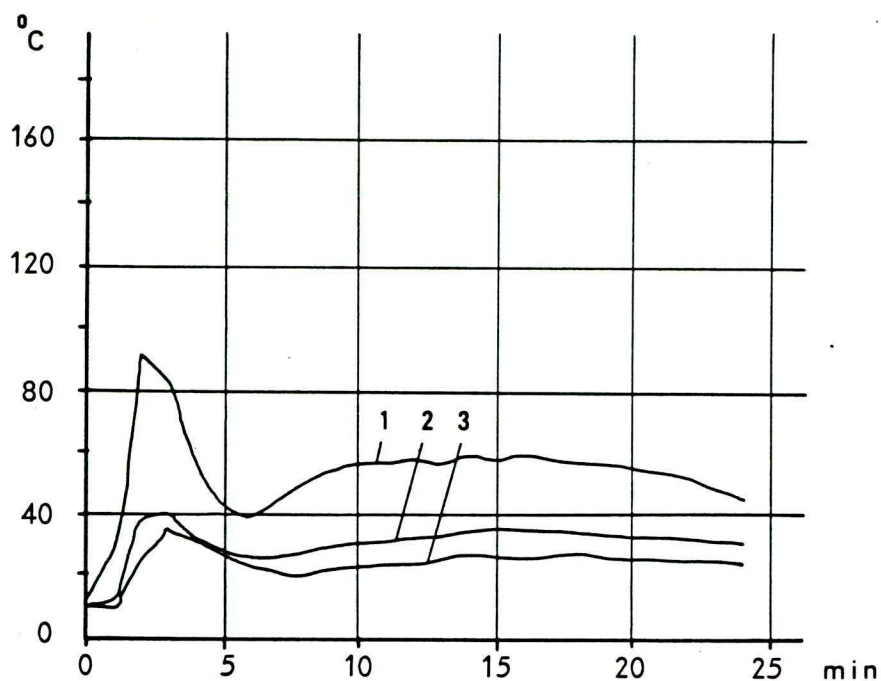
Figur 11. Figuren visar brandrumstemperaturen T_B °C i exp 7 och 2. T_B är medelvärdet för brandgastemperaturen från fyra mätpunkter 10 cm under taket. I de två experimenten var brandbetingelserna lika fram till 10 min och därefter olika beträffande takluckans storlek - 0.25 m^2 i exp 7 och 1.0 m^2 i exp 2. I båda experimenten påbörjades ventilationen av trapphuset genom taklucka och ytterdörr vid 10 min, vilket resulterade i en temperaturhöjning till ca 690 °C i båda fallen.



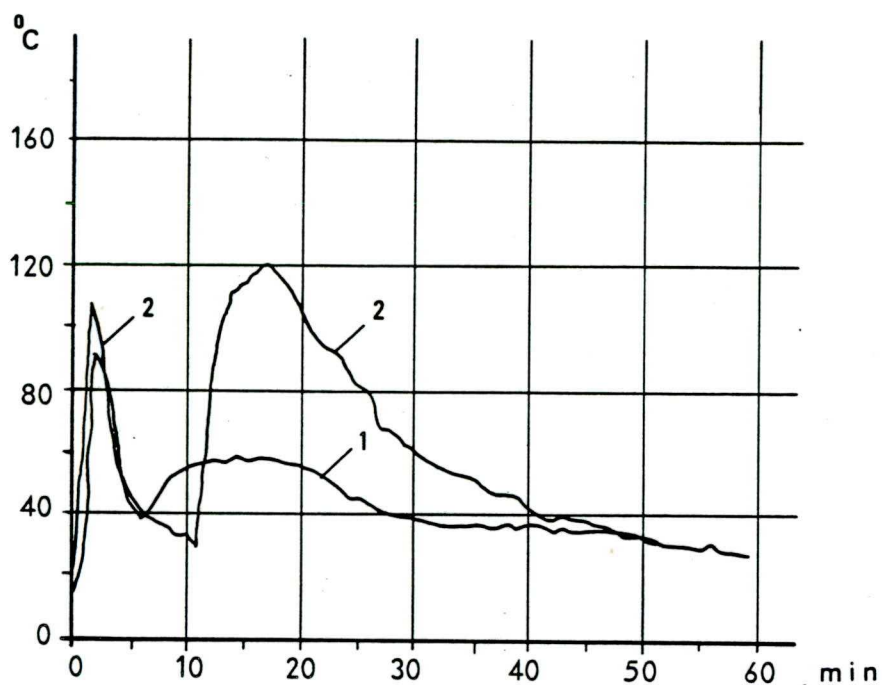
Figur 12. Figuren visar temperaturfördelningen i höjddel i brandrummet i exp 2, där trapphusventilation skedde efter 10 min. Mätpunkterna var fördelade längs en vertikal, med avstånden 10, 60, 110, 160 och 210 cm från taket (rumshöjd 260 cm). I figuren motsvarar den översta kurvan den högsta mätpunkten osv. Figuren visar bl a temperaturskillnaden mellan brandrummets övre och lägsta del - t ex 500 mot 100 °C vid första maximum och 700 mot 300 °C vid andra maximum.



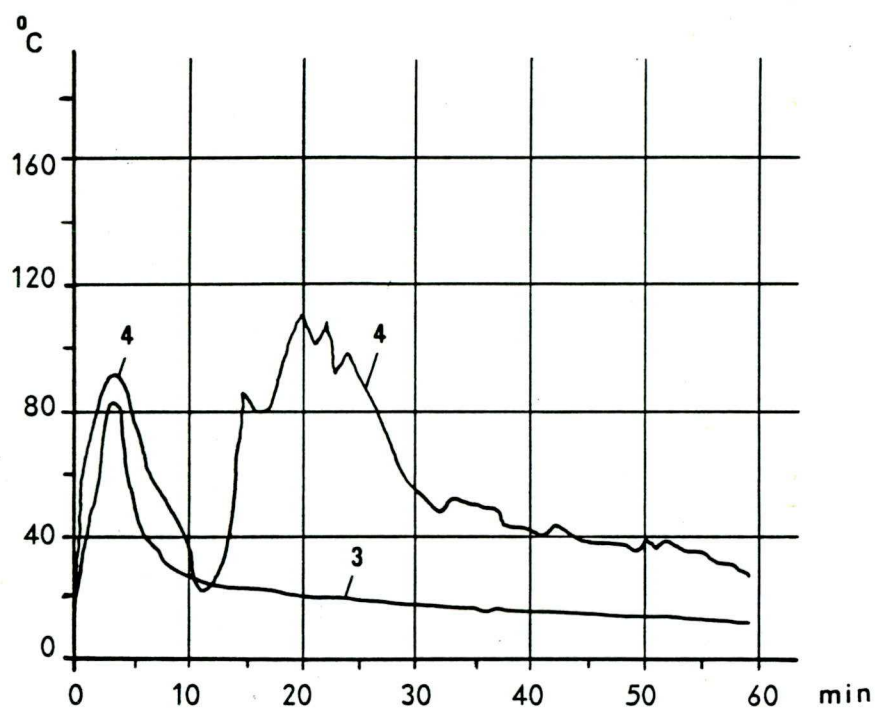
Figur 13. Figuren visar temperaturfördelning i höjddled i trapphuset i exp 2, där trapphusventilationen påbörjades vid 10 min. De tre kurvorna är från våningsplan 1, 2 och 3 på höjden 1.3 m över golvet. Den översta kurvan är från våningsplan 1 osv. Figuren visar bl a den kraftiga temperaturökningen genom ventilationen samt de förhållandevis små skillnaderna mellan våningsplanen vid tider efter 10 min.



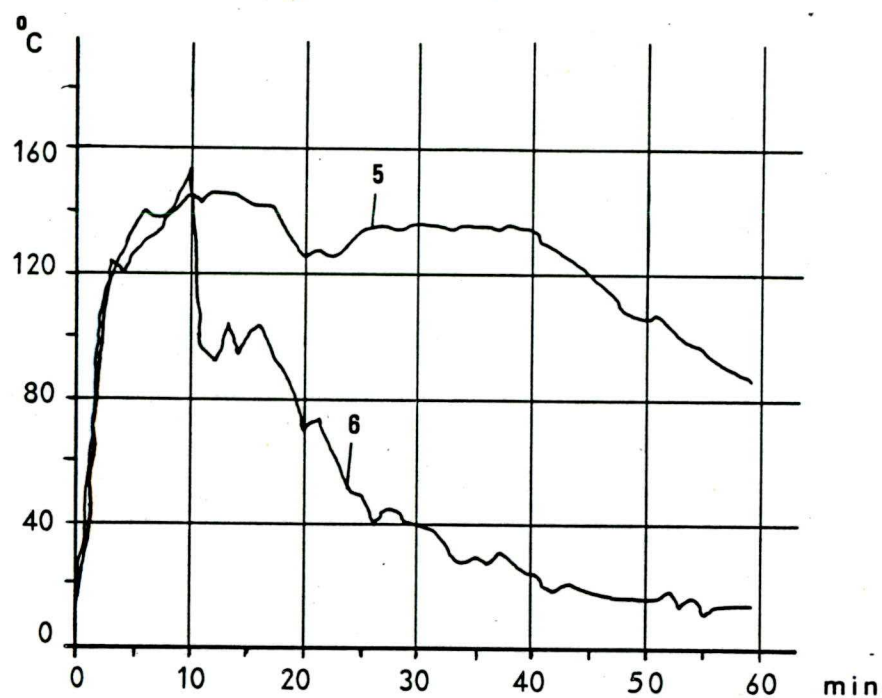
Figur 14. Figuren visar temperaturfördelningen i höjddled i trapphuset, i exp 1 - utan trapphusventilation. De tre kurvorna är från våningsplan 1, 2 och 3, på höjden 1.3 över golvet. Den översta kurvan är från plan 1 osv. Figuren visar förhållandevis stora temperaturskillnader mellan de olika våningsplanen - t ex temperaturerna 60, 35 resp 25°C (plan 1, 2, 3) vid 15 min.



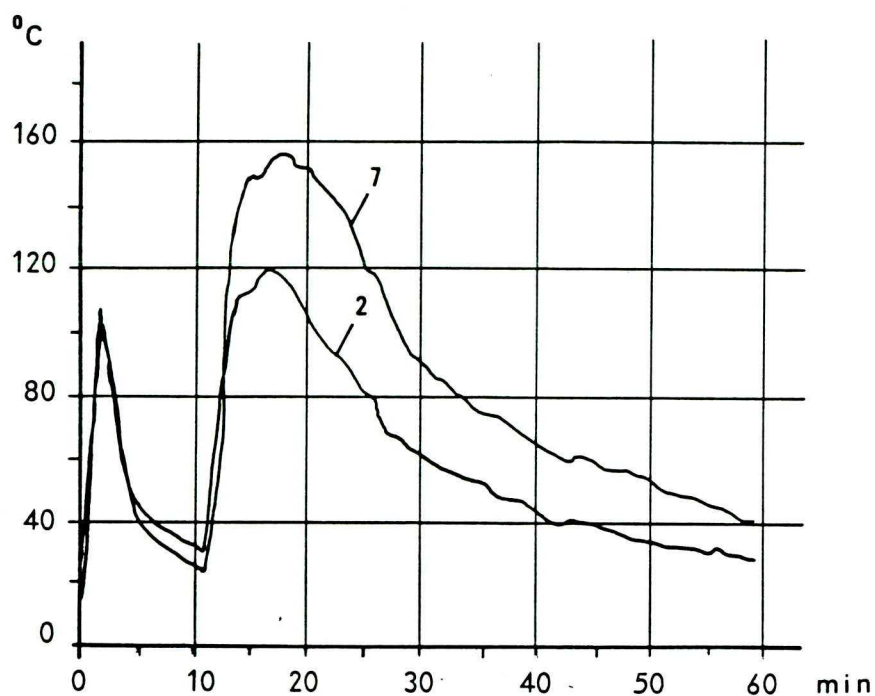
Figur 15. Figuren visar förloppen för gastemperaturen på våningsplan 1 i trapphuset - i exp 1 utan trapphusventilation och i exp 2 med trapphusventilation. I de två experimenten var bränslet lika (100 kg trä plus 5 kg plast) och brandbetingelserna lika fram till 10 min. I exp 2 påbörjades ventilationen - genom taklucka och ytterdörr - vid 10 min och resulterade i en snabb uppgång till ett maximum vid 15 min. Variationen i exp 1 med ett minimum vid 5 min bedöms som tillfällig och beroende på arrangerandet av bränslet.



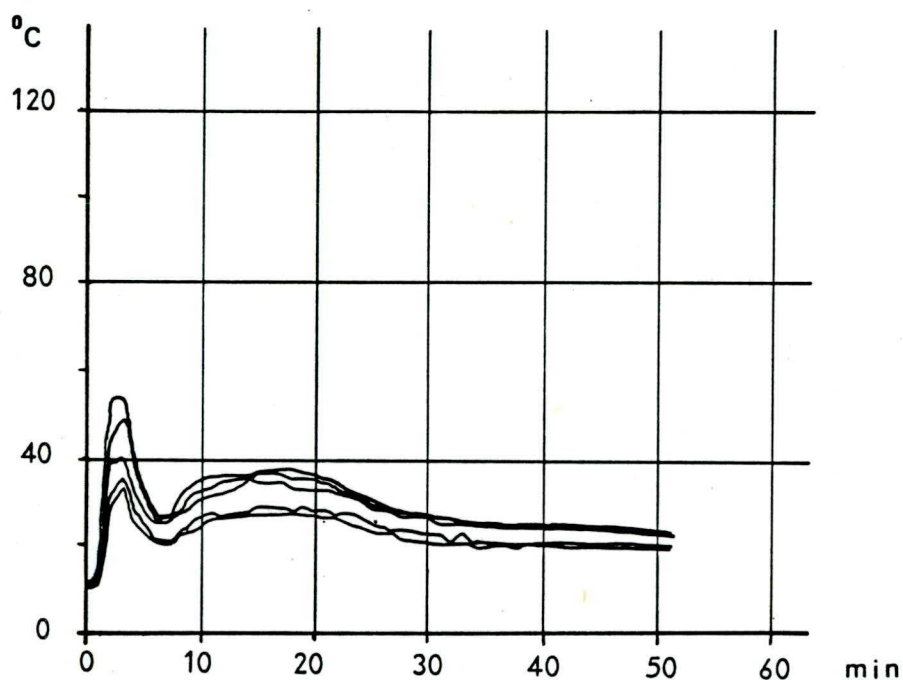
Figur 16. Figuren visar förloppen för gastemperaturen på våningsplan 1 i trapphuset - i exp 3 utan trapphusventilation och i exp 4 med trapphusventilation. I de två experimenten var bränslet lika (100 kg trä) och brandbetingelserna lika fram till 10 min. I exp 4 påbörjades ventilation - genom taklucka och ytterdörr - vid 10 min och resulterade i en snabb uppgång till ett maximum vid 20 min.



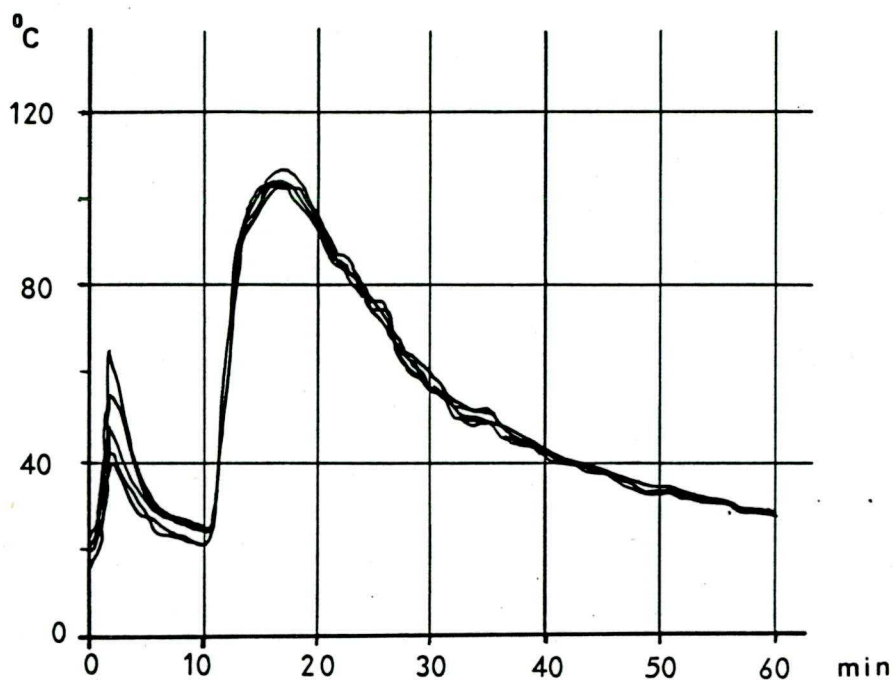
Figur 17. Figuren visar förloppen för gastemperaturen på våningsplan 1 i trapphuset - i exp 5 utan trapphusventilation och i exp 6 med trapphusventilation. I båda experimenten var brandrummet extra ventilerat genom en smal fönsteröppning (1.3 x 0.2 m) från tiden 0 min. I exp 6 skedde trapphusventilation - genom taklucka och ytterdörr - från tiden 10 min. Ventilationen medförde i detta fall - i motsats till exp 2 och 4 - inget andra maximum.



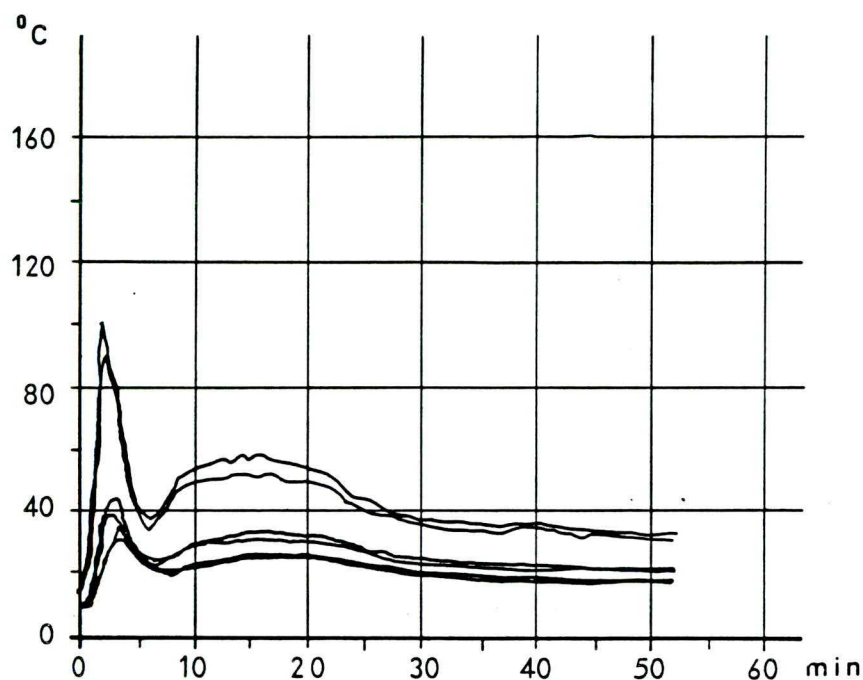
Figur 18. Figuren visar förloppen för gastemperaturen på våningsplan 1 i trapphuset i exp 7 med liten (0.25 m^2) ventilationslucka i trapphusets tak och i exp 2 med stor lucka (1.0 m^2). I de två experimenten var brandbetingelserna helt lika, fränsett takluckans storlek. Trapphusventilationen - genom taklucka och ytterdörr - påbörjades vid 10 min. Den i figuren visade skillnaden efter 10 min, uppträdde endast på våningsplan 1. På plan 2 och 3 var förloppen nära helt lika, jfr tabell 4.



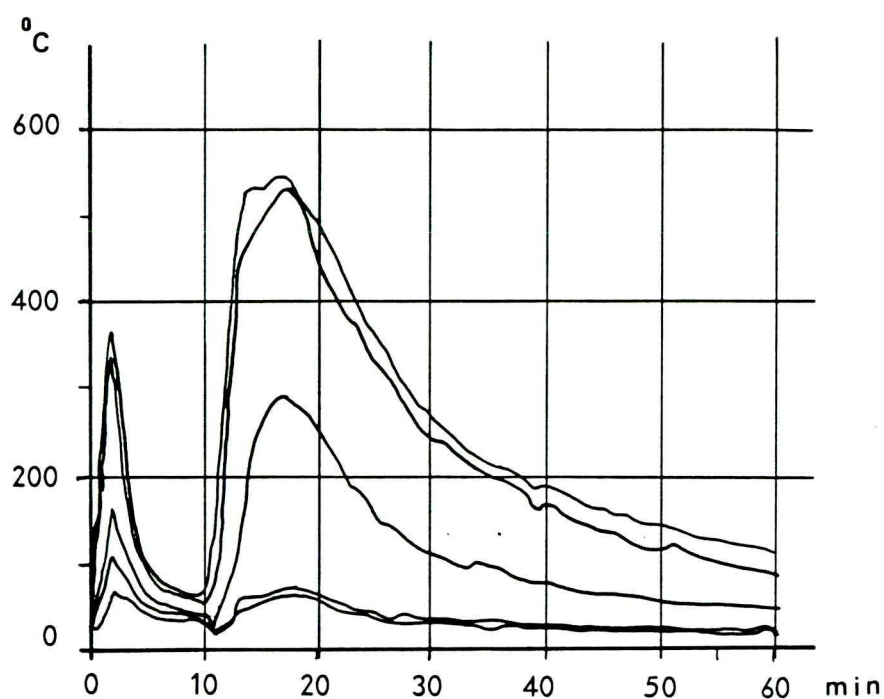
Figur 19. Figuren visar temperaturfördelningen på olika höjder på våningsplan 2 i trapphuset, från det oventilerade exp 1. Mätpunkternas höjd över golvet var 10, 70, 130, 190 och 250 cm. I figuren motsvarar den översta kurvan den högsta höjden osv. Av figuren kan för senare tider (>10 min) utläsas en tendens till tvåskiktning, med ca 10 graders skillnad mellan övre och nedre skikten.



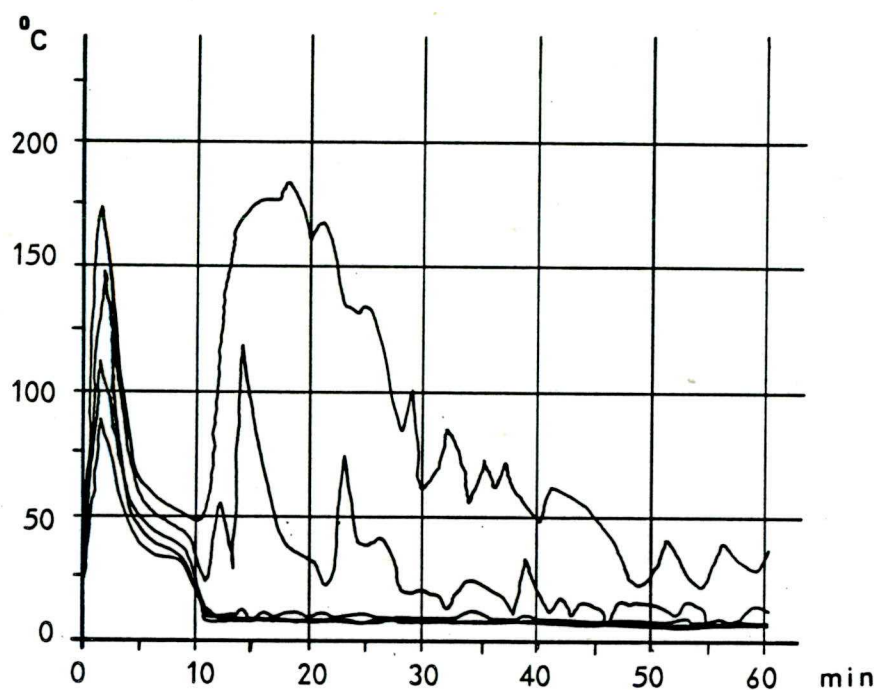
Figur 20. Figuren visar temperaturfördelningen på olika höjder på våningsplan 2 i trapphuset, från det efter 10 min trapphusventilerade exp 2. Mätpunkternas höjd över golvet var 10, 70, 130, 190 och 250 cm. I det tidigare skedet (0 - 10 min) där kurvorna skiljer sig åt, motsvarar den översta kurvan den högsta höjden osv. Av figuren kan för senare tider (>10 min) utläsas en nära lika temperatur på olika höjder i den uppåtströmmande gasen.



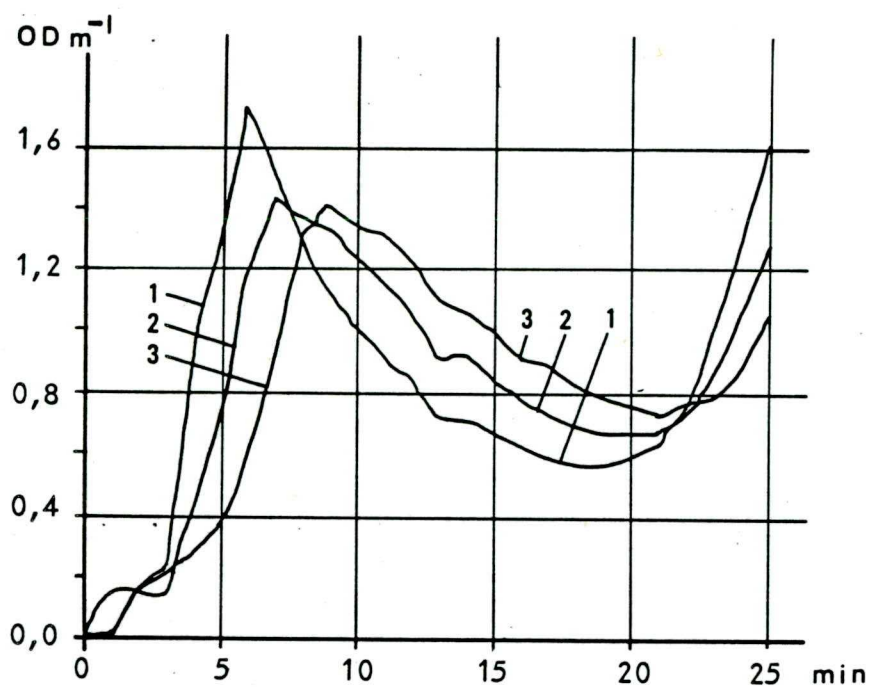
Figur 21. Figuren visar förloppen för gastemperaturen från två mätpunkter på vardera våningsplan 1, 2 och 3 i trapphuset i exp 1. Varje par av mätpunkter var placerat på samma höjd (250 cm över golvet) men på ca 3 m horisontellt avstånd. Av figuren kan utläsas att skillnaderna mellan de parvisa punkterna på samma höjd var ingen eller mycket liten, medan skillnaderna mellan olika våningsplan var avsevärd.



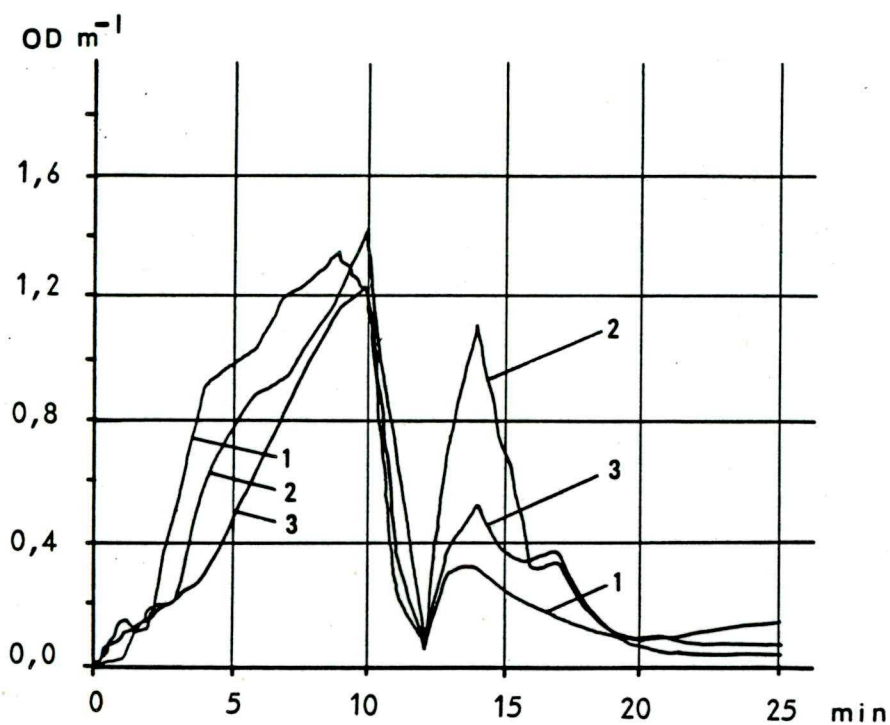
Figur 22. Figuren visar förloppen för gastemperaturen på olika höjder i dörröppningen mellan trapphuset och brandrummet i exp 2. Mätpunkternas höjd över golvet var 10, 60, 110, 160 och 210 cm. I figuren motsvarar den översta kurvan den högsta mätpunkten osv. Ventilationen av trapphuset började vid 10 min. Av figuren kan utläsas de låga temperaturerna på den inströmmande luften i brandrummet (10 och 60 cm) och de höga temperaturerna på de utströmmande brandgaserna från brandrummet till trapphuset (160 och 210 cm).



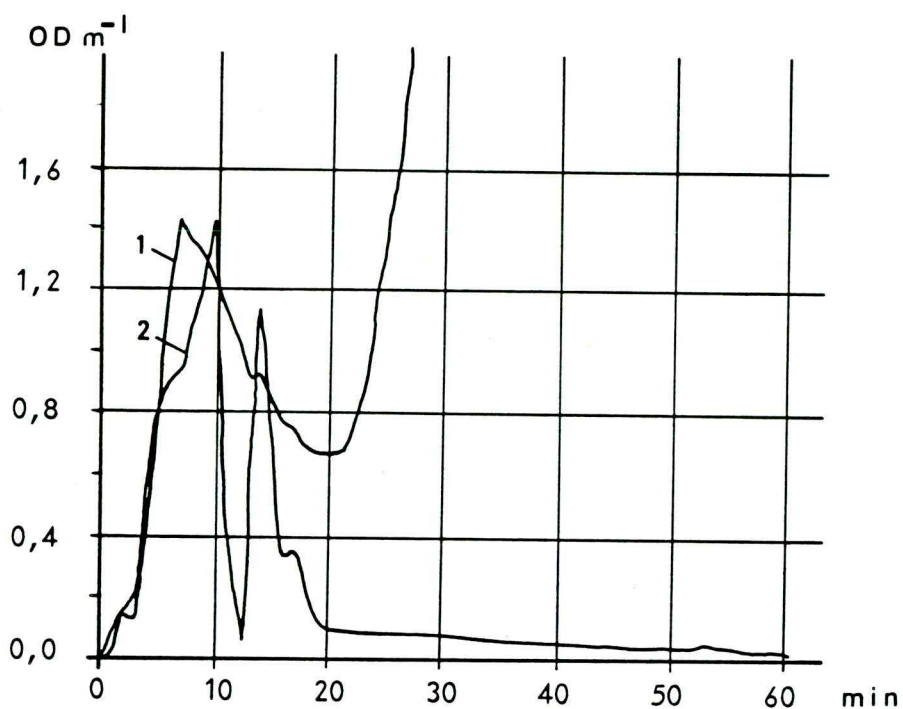
Figur 23. Figuren visar förloppen för gastemperaturen på olika höjder i ytterdörröppningen i trapphuset i exp 2. Mätpunkternas höjd över tröskeln var 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 och 2.0 m. I figuren motsvarar den översta kurvan den högsta mätpunkten osv. Ventilationen av trapphuset började vid 10 min. Av figuren kan bl a utläsas strömningsriktningen på olika höjder i dörröppningen efter 10 min.



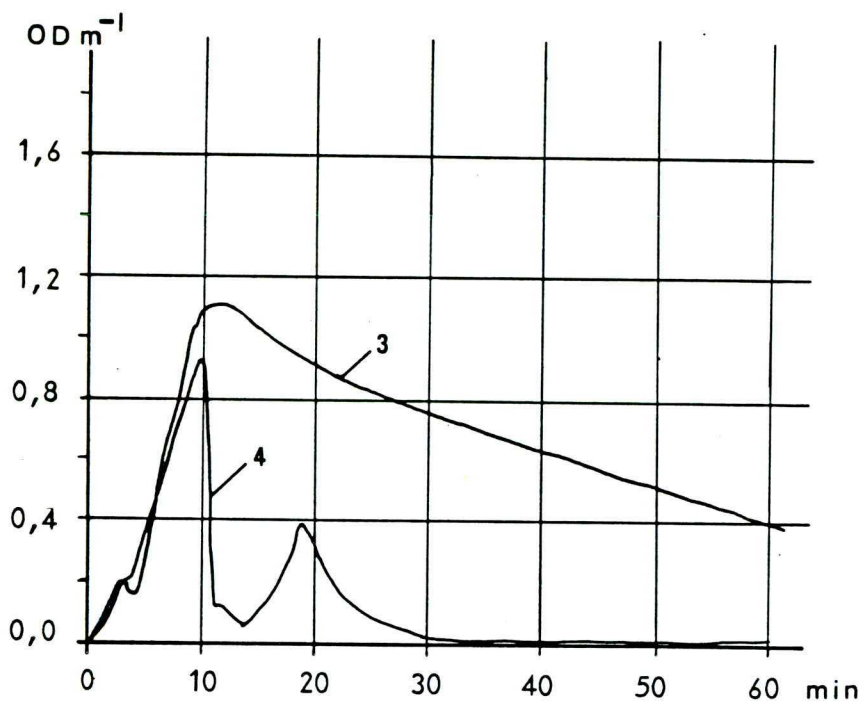
Figur 24. Figuren visar förloppen för röktätheten OD (m^{-1}) i trapphuset, på våningsplan 1, 2 och 3. Ungefärligt kan användas sambandet sikt $S(m) = 1/OD$. Resultaten är från det oventilerade exp 1. I figuren kan särskilt noteras variationen av rökigaste våningsplan - t ex plan 1 före 8 min, plan 3 mellan 8 och 22 min samt därefter åter plan 1.



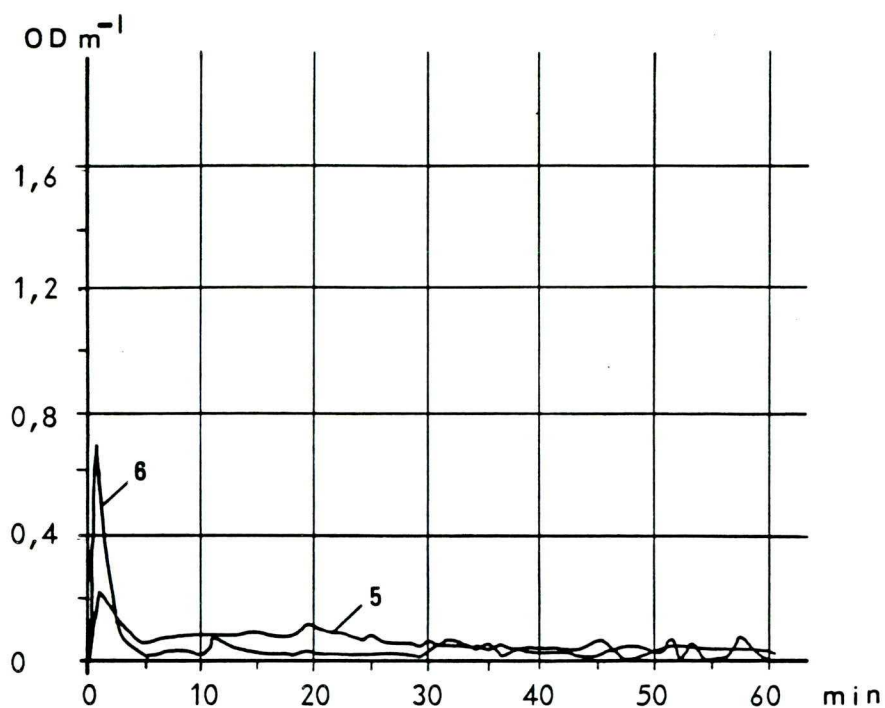
Figur 25. Figuren visar förloppen för röktätheten $\text{OD}(\text{m}^{-1})$ i trapphuset, på våningsplan 1, 2 och 3. Ungefärligt gäller sikt $S(\text{m}) = 1/\text{OD}$. Resultaten är från exp 2, där ventilationen av trapphuset började vid 10 min. I figuren kan bl a noteras den stora och snabba siktförbättringen mellan 10 och 12 min samt variationen av rökigaste våningsplan under olika skeden.



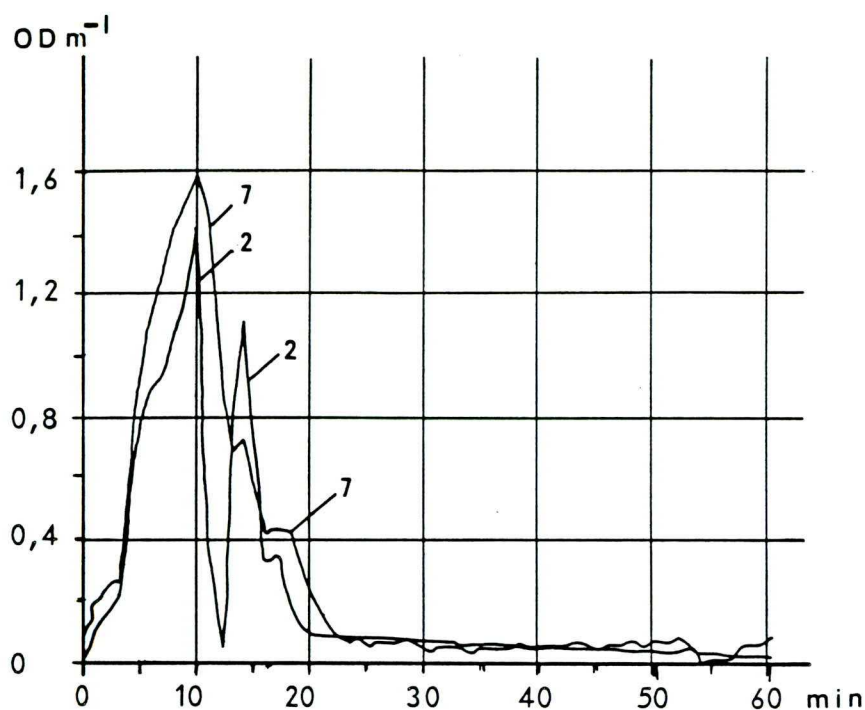
Figur 26. Figuren visar variationen av röktätheten $OD(m^{-1})$ på plan 2 i trapphuset. Ungefärligt gäller sambandet $sikt S(m) = 1/OD$. Resultaten är från två experiment med lika bränsle (100 kg trä plus 5 kg plast) - det oventilerade exp 1 och exp 2 med ventilation av trapphuset efter 10 min.



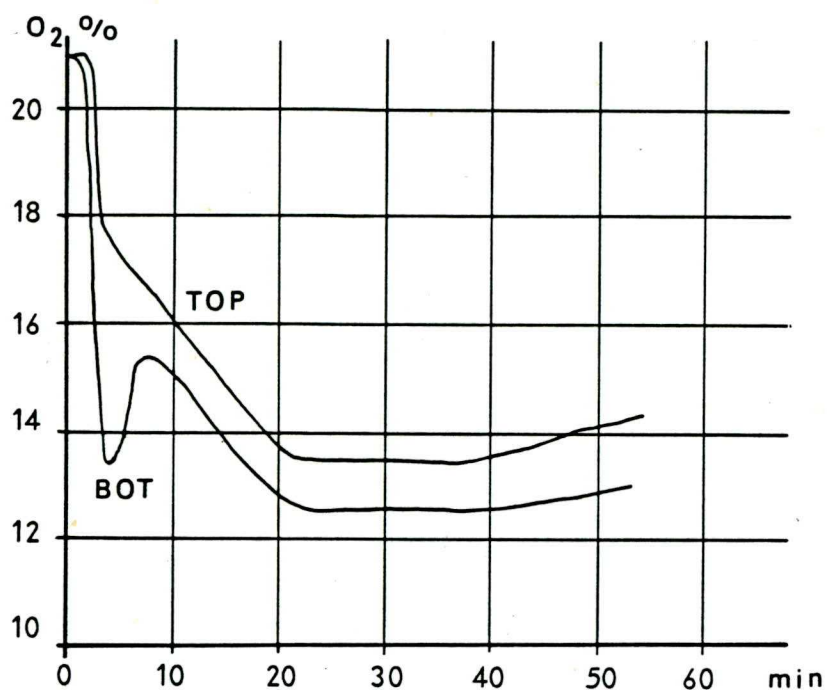
Figur 27. Figuren visar variationen av röktätheten $\text{OD}(\text{m}^{-1})$ på plan 2 i trapphuset. Ungefärligt gäller sikt $S(\text{m}) = 1/\text{OD}$. Resultaten är från två experiment med lika bränsle (100 kg trä) - det oventilerade exp 3 och exp 4 med ventilation av trapphuset efter 10 min.



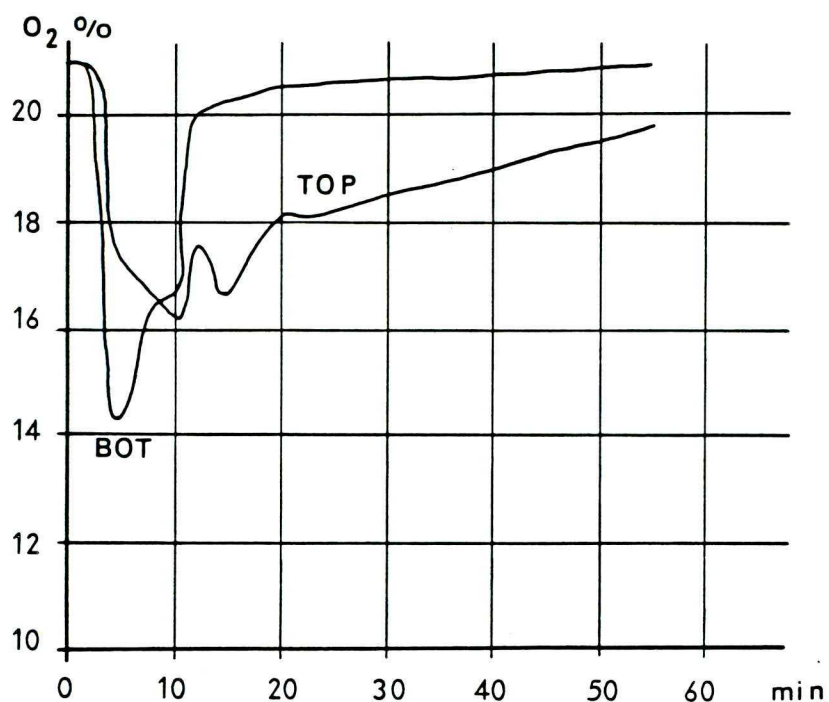
Figur 28. Figuren visar variationen av röktätheten $OD(m^{-1})$ på plan 1 i trapphuset. Ungefärligt gäller sikt $S(m) = 1/OD$. Resultaten är från två experiment med lika betingelser i fråga om bränsle (trä + plast) och extra brandrumsventilation (smal fönsteröppning). Det ena experimentet (exp 5) var med oventilerat trapphus och det andra (exp 6) med trapphusventilation efter 10 min. I figuren kan främst noteras den mycket låga röktätheten efter 2 min i båda experimenten, dvs också oberoende av trapphusventilationen.



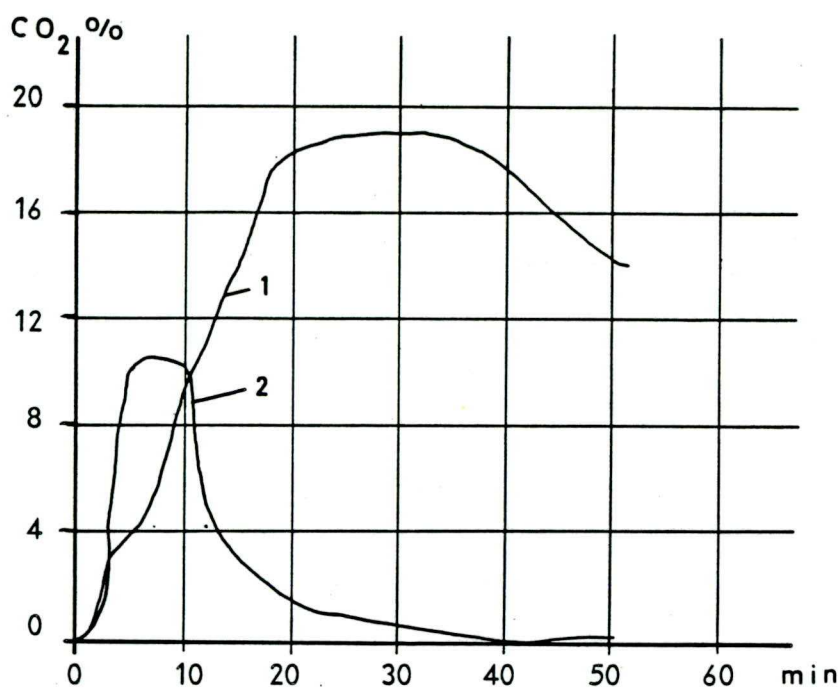
Figur 29. Figuren visar variationen av röktheten $OD(m^{-1})$ på plan 2 i trapphuset. Ungefärligt gäller sikt $S(m) = 1/OD$. Resultaten är från två experiment med lika betingelser frånsett storleken av takluckan i trapphuset. I exp 7 var takluckan $0.25 m^2$ som jämförs med exp 2 ($1 m^2$). Av figuren framgår att skillnaden i rökighet är liten på våningsplan 2. Av här oredovisade mätresultat gäller denna likhet inte på plan 3, där röktheten är 2-3 ggr större i exp 7 efter 10 min.



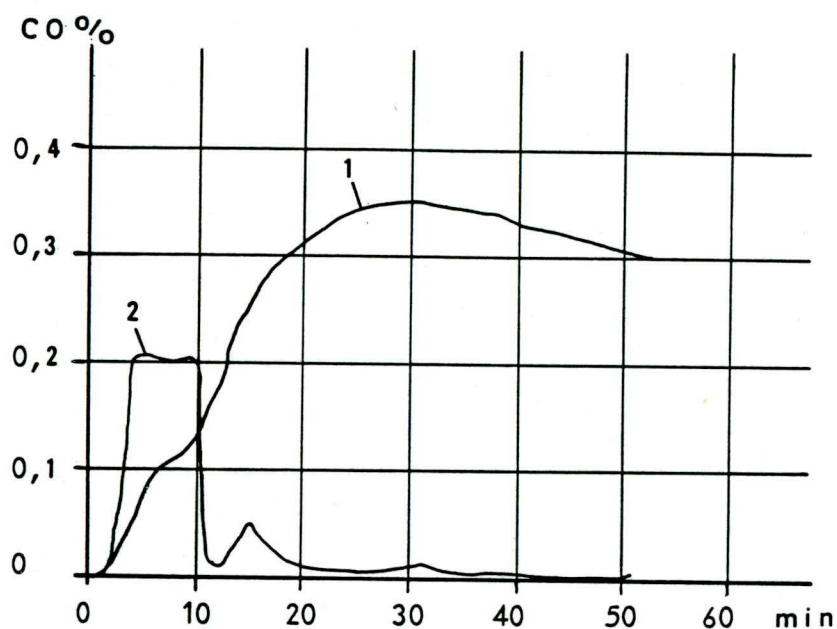
Figur 30. Figuren visar förloppet för koncentrationen av syre O_2 (volym %) på två mätplatser i det oventilerade exp 1. Gasintaget för den ena mätaren - med beteckningen TOP - var placerad 1.3 m över golvet på plan 3 i trapphuset. Gasintaget för den andra mätaren - med beteckningen BOT - var placerad 0.1 m över golvet i dörröppningen mellan trapphus och brandrum. Av figuren kan bl a utläsas att gasflödet (BOT) - från och till brandrummet - redan efter några minuter har en O_2 -koncentration omkring 15%, dvs gränsen för flamförbränning.



Figur 31. Figuren visar förloppet för koncentrationen av syre O_2 (volym %) på två mätplatser i det trapphusventilerade exp 2. Gasintaget för den ena mätaren - med beteckningen TOP - var placerad 1.3 m över golvet på plan 3 i trapphuset. Gasintaget för den andra mätaren - med beteckningen BOT - var placerad 0.1 m över golvet i dörröppningen mellan trapphuset och brandrummet. Av figuren kan bl a utläsas att den tillströmmande gasen (luften) till brandrummet efter 10 min snabbt nådde maximala 21%.



Figur 32. Figuren visar förloppet för koncentrationen av koldioxid CO₂ (volym %) högt upp i trapphuset - i det oventilerade exp 1 och det trapphusventilerade exp 2. Gasintaget för mätaren var placerad 1.3 m över golvet på plan 3 i trapphuset. Figuren visar bl a de skadligt höga CO₂-koncentrationerna i de oventilerade skedena och den snabba utventilationen av skadlig CO₂ efter 10 min i exp 2.



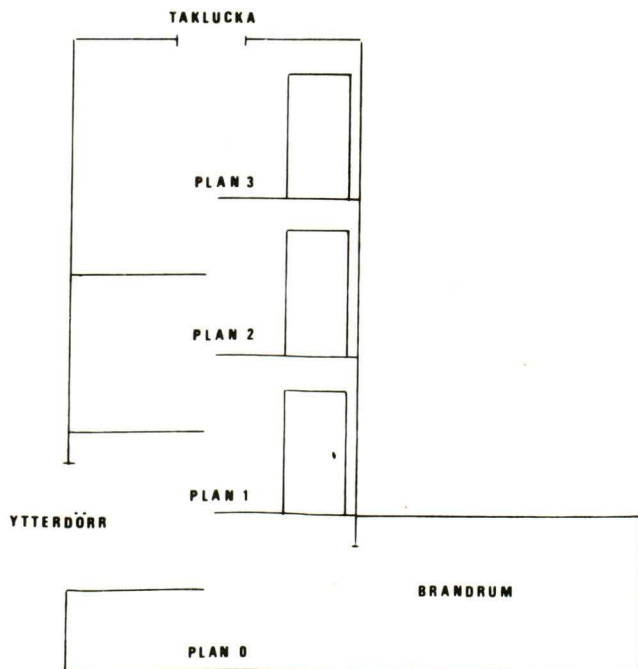
Figur 33. Figuren visar förloppet för koncentrationen av kolmonoxid CO (volym %) högt upp i trapphuset - i det oventilerade exp 1 och det trapphusventilerade exp 2. Gasintaget för mätaren var placerad 1.3 m över golvet på plan 3 i trapphuset. Figuren visar bl a de skadligt höga koncentrationerna av CO i de oventilerade skedena och den snabba utventilationen av skadlig CO efter 10 min i exp 2.

Fördelar och nackdelar med brandgasventilation av trapphus

Vid lägenhetsbränder i flerbostadshus finns risk för att trapphuset fylls av brandgaser och rök. När brandkåren anländer, kan brandmiljön i trapphuset förbättras avsevärt genom ventilation. I många hus finns för detta ändamål en taklucka i trapphuset.

En nackdel med denna ventilation är att utventilationen av brandgaser också medför inventilation av luft. Härigenom ökar i många fall brandens intensitet och medför en ökad utströmning av heta och giftiga brandgaser samt sikthindrande rök i trapphuset.

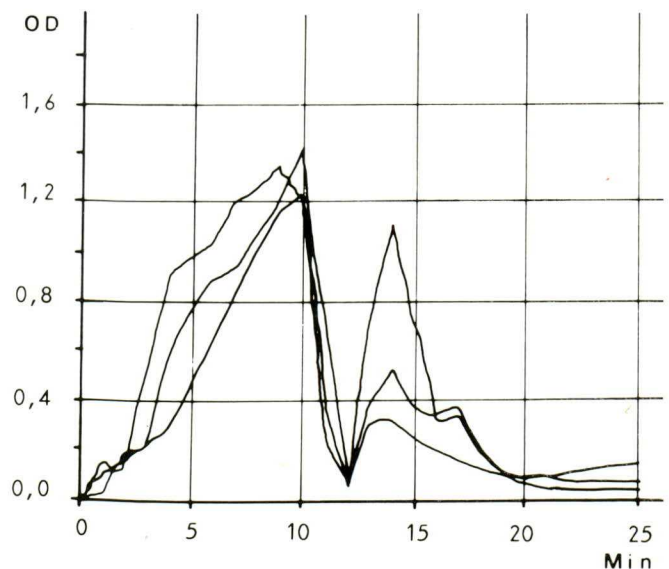
Beroende på bränslet, brandventilationen och byggnadsgeometrin kan verkan av trapphusventilationen variera. I denna undersökning studeras experimentellt — i en byggnad enligt figur 1 — några kombinationer av de angivna betingelserna. Undersökningens huvudsyfte var att genom mätningar beskriva brandmiljön i trapphuset i dessa



Figur 1. Schematisk bild av brandexperimenthuset med trapphuset till vänster och brandrummet till höger.

fall — främst variationen av sikten och brandgasernas temperatur. Ett exempel på mätresultaten — här beträffande sikten — ges i figur 2. Några allmänna observationer var följande:

- Genom ventilationen blev under några minuter brandmiljön i trapphuset avsevärt förbättrad.
- Till följd av ventilationen ökade förbränningen och därmed utströmningen av brandgaser till trapphuset. Detta medförde ny, kraftig försämring av brandmiljön.
- Genom ventilationen erhöles inte endast högre maximala temperaturer i trapphuset — utan även genom strömningen nära lika temperaturer på alla våningsplan.
- I ett experiment varierades takluckans storlek, från 1.0 till 0.25 m². Följden av denna minskning blev främst en avsevärt sämre sikt i trapphusets övre del.



Figur 2. Röktätheten OD på våningsplan 1, 2 och 3 i trapphuset. Sikten (m) = 1/OD. Ventilationen påbörjad vid 10 min.